



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN TULIP
ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN METODE
FLAT SLAB**

RIRIN ROSDIANA RACHMAWATI
NRP 3115 105 022

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavio ST. MT. PhD

Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN TULIP
ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN METODE
FLAT SLAB**

RIRIN ROSDIANA RACHMAWATI
NRP. 3115 105 022

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavo, ST., MT., Ph. D.

Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC 14-1501

**MODIFICATION OF DESIGN STRUCTURE
GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL USING
FLAT SLAB METHOD**

RIRIN ROSDIANA RACHMAWATI
NRP 3115 105 022

Supervisor I
Prof. Tavo ST. MT. PhD

Supervisor II
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL
MENGGUNAKAN METODE FLAT SLAB

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RIRIN ROSDIANA RACHMAWATI

Nrp. 3115105022

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Tavo, ST., MT., Ph. D.

(.....)

2. Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS.

(.....)

SURABAYA

JUNI, 2017

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN METODE FLAT SLAB

Nama Mahasiswa : Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Tawio ST. MT. PhD
2. Dr. Ir Hidayat S. M.MS

Abstrak

Gedung “Golden Tulip essensial Hotel” direncanakan dibangun pada zona gempa tinggi yang terdapat di kota Semarang. Desain awal dari hotel ini adalah beton bertulang dengan 8 Lantai yang berada di Bojonegoro. Namun pada tugas akhir ini dilakukan beberapa modifikasi perencanaan. Perencanaan menggunakan struktur flat slab dengan dikombinasikan dengan dinding geser yang berfungsi sebagai struktur penahan gaya lateral. Struktur atas pada bangunan ini meliputi kolom, balok tepi, dan drop panel. Sedangkan struktur bawah menggunakan pondasi tiang pancang.

Struktur flat slab digunakan secara luas pada bangunan gedung karena beberapa kelebihan dalam aspek struktural maupun arsitektural. Lantai yang didapatkan lebih luas dan tinggi, tidak perlu finishing dengan plafond, hemat biaya proyek karena dapat mengurangi pemakaian bekisting pada elemen balok dan juga pada pemakaian beton. Namun struktur flat slab ini sendiri juga terdapat kelemahan, antara lain pada hubungan pelat-kolom, dimana tegangan geser tidak mampu ditahan hanya dengan kolom. Oleh karena itu, memperlebar luas geser pelat dapat dilakukan dengan mempertebal pelat. Namun hal tersebut menyebabkan pelat tidak ekonomis. Solusinya dengan menggunakan drop panel. Drop panel merupakan penebalan pelat di daerah kolom

sebagai kekuatan geser penahan gaya geser pons yang cukup besar pada daerah hubungan pelat-kolom.

Dalam tugas akhir ini, secara keseluruhan direncanakan dengan Sistem Rangka Gedung (SRG) karena dalam perencanaannya bangunan ini terletak pada zona gempa tinggi sehingga seluruh beban lateral akan dipikul oleh dinding struktur yang telah tercantum pada SNI 03-1726-2012 yang membatasi penggunaan struktur flat slab lebih spesifik. Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu tebal flat slab 25 cm, dimensi drop panel 300x300x12 cm, dimensi balok tepi 35/50 cm, dimensi kolom lantai 1-4 dengan 90/90, lantai 5-9 dengan 80/80 dan lantai 10-13 dengan 70/70, tebal shearwall 40 cm dan terdapat 4 tipe. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang spun pile 60 cm dengan kedalaman 16 m.

Kata kunci : Dinding Struktural , Drop Panel , Flat Slab, Gaya Geser, Gempa.

DESIGN OF MODIFICATION OF STRUCTURE GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL STRUCTURE USING FLAT SLAB METHOD

Name : Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022
Major : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor : 1. Prof. Tavo ST. MT. Ph.D.
2. Dr. Ir Hidayat Soegihardjo M.MS

Abstract

The "Golden Tulip Essensial Hotel" building is planned to be built in the high seismic zone in Semarang. At first design of this hotel is a reinforced concrete with 8 Floors located in Bojonegoro. But in this final project there are some design modification. This building planed using a flat slab structure and combine with a shear wall that serves as a lateral force brace structure. The upper structures in this building are including columns, ekterior beams, and drop panels. And the bottom structure using spun pile.

The flat slab structure used in buildings because there are advantages in structural and architectural aspects. The floors are more spacious and high, dont need finishing with ceiling, cost-effective project because it can reduce the use of formwork on beam elements and also on the use of concrete. However, the flat slab structure also has weaknesses such as in the column-plate joint, where the shear stress can be detained only by the column. Therefore, widening the shear width of the plate can be done by thickening the plate. But it causes the plate is not economical. The solution is by using the drop panel. The drop panel is the thickening of the plate in the column

area as a shear force counter in the column-plate joint area.

In this final project, it is planned with Building Frame System (SRG) because in the planning design of this building is located in high earthquake zone, so that all lateral load will be carry by the shear wall which is on SNI 03-1726-2012 limiting the use of flat slab structure more specific. From the analysis and the results of calculation obtained design, flat slab is 25 cm thickness, drop panel dimension is 300x300x12cm, eksterior beam dimension is 35/50 cm, column dimension for 1-4 floor is 90/90, 5-9 floors is 80/80 and 10- 13 is 70/70, shearwall is 40 cm thickness and there are 3 types. Design planning for the foundation is using spun pile piles 60 cm with a 16 m of depth.

Keywords: Earthquake, Flat Slab, Shearwall, Drop Panel, Shear Force.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah S.W.T, atas petunjuk dan kemudahan-Nya, Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Desain Modifikasi Struktur Golden Tulip Essensial Hotel Menggunakan Metode Flat Slab**.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang ikut serta membantu dalam proses perkuliahan selama ini,
2. Prof. Tavo ST. MT. PhD dan Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo. M.,MS selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen pengajar dan staff Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
4. Teman - teman seperjuangan dan rekan - rekan mahasiswa Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP-ITS.

Penulis Menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Juni 2017

Ririn Rosdiana Rachmawati

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.2 Flat Slab.....	6
2.3 Sistem Rangka Gedung (SRG).....	8
2.4 Dinding Struktur Khusus.....	9
2.5 Pembebanan.....	9
BAB III METODOLOGI	15
3.1 Pengumpulan Data.....	15

3.1.1.1	Data Umum Bangunan yang sudah ada	15
3.1.1.2	Data umum bangunan setelah dimodifikasi	15
3.1.1.3	Data Tanah	15
3.2	Peraturan Yang Digunakan	16
3.3	Metode Perencanaan Yang Digunakan	16
3.1.1	Konsep Pembebanan Yang Digunakan	16
3.1.2	Program Bantu Analisa	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Umum	35
4.1.1	Data Perencanaan	35
4.1.2	Pembebanan	36
4.2	Preliminary Design	37
4.2.1	Perencanaan Dimensi Pelat	37
4.2.2	Perencanaan Dimensi Drop Panel	37
4.2.3	Perencanaan Dimensi Balok Tepi dan Perangkai.....	39
4.2.4	Perencanaan Dimensi Kolom.....	40
4.2.5	Perencanaan Dimensi Dinding Struktur....	44
4.3	Perhitungan Struktur Sekunder	45
4.3.1	Perencanaan Tangga	45
4.3.2	Perencanaan Konsol.....	60
4.3.3	Perencanaan Lift	66
4.4	Pembebanan Dan Analisa Struktur	77

4.4.1	Pemodelan Struktur	77
4.4.2	Pembebanan.....	78
4.4.3	Beban Gravitasi	79
4.4.4	Perhitungan Pembebanan Vertikal	79
4.4.5	Perhitungan Pembebanan Horizontal	81
4.4.6	Perhitungan Berat Total Gedung	81
4.4.7	Analisa Beban Gempa Dinamis.....	82
4.4.8	Perhitungan Beban Gempa	83
4.4.9	Kontrol Hasil Analisa Struktur	95
4.5	Kompatibilitas Deformasi	110
4.6	Perencanaan Struktur Primer.....	117
4.6.1	Perencanaan Balok Tepi.....	117
4.6.2	Perencanaan Pelat/Flat Slab.....	143
4.6.3	Perencanaan Kolom.....	173
4.6.4	Perencanaan Dinding Struktural.....	193
4.7	Perencanaan Struktur Bawah.....	206
4.7.1	Desain Sloof	206
4.7.2	Desain Tiang Pancang	211
BAB IV PENUTUP.....		251
5.1	Simpulan.....	247
5.2	Saran.....	249
DAFTAR PUSTAKA.....		255
LAMPIRAN		253

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Sistem Flat Slab	8
Gambar 2. 2. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S _s)	11
Gambar 2. 3. Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (s ₁)	12
Gambar 4. 1 Dimensi Drop Panel.....	38
Gambar 4. 2 Daerah Pembebanan Kolom	41
Gambar 4. 3. Denah Tangga.....	46
Gambar 4. 4. Tebal Pelat Tangga	46
Gambar 4. 5. Beban Pada Tangga	48
Gambar 4. 6. Bidang Lintang (D) pada tangga.....	50
Gambar 4. 7. Bidang Momen (M) pada tangga.....	50
Gambar 4. 8. Tinggi Efektif Pelat Tangga.....	51
Gambar 4. 9. Tinggi Efektif Pelat Tangga.....	55
Gambar 4. 10. Penulangan Tangga.....	59
Gambar 4. 11. Penulangan Potongan Tangga.....	59
Gambar 4. 12. Geometrik Konsol Pendek.....	60
Gambar 4. 13. Detail Penulangan Konsol	65
Gambar 4. 14. Penampang Lift.....	67
Gambar 4. 15. Ilustrasi Pembebanan Balok Lift	68
Gambar 4. 16. Momen Balok Lift Kombinasi 1,4D	69
Gambar 4. 17. Geser Balok Lift Kombinasi 1,4 D	69
Gambar 4. 18. Penampang Balok Lift	76
Gambar 4. 19. Permodelan Pada ETABS 15.0.....	78
Gambar 4. 20. Parameter Percepatan dasar pada perioda pendek (S _s).....	85
Gambar 4. 21. Parameter percepatan dasar pada perioda 1 detik (S ₁)	85

Gambar 4. 22 Hasil Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS 15.0	96
Gambar 4. 23. Denah Balok yang ditinjau	117
Gambar 4. 24. Tinggi Efektif Balok	118
Gambar 4. 25. Penampang Balok L	120
Gambar 4. 26. Output Lendutan.....	140
Gambar 4. 27. Penampang Balok Tepi BT 35/50	142
Gambar 4. 28. Detail penulangan Balok Tepi BT 35/50.	142
Gambar 4. 29. Hasil Output Momen Lantai arah X	143
Gambar 4. 30. Hasil Output Momen Lantai arah X	143
Gambar 4. 31. Distribusi Tegangan Geser	167
Gambar 4. 32. Diagram interaksi pelat	172
Gambar 4. 33. Kolom yang ditinjau dimensi 800/800 ...	173
Gambar 4. 34. Penampang Kolom	175
Gambar 4. 35. Diagram Interaksi Kolom bawah	176
Gambar 4. 36. Diagram Interaksi Kolom atas	176
Gambar 4. 37. Momen Nominal Kolom Bawah	179
Gambar 4. 38. Momen Nominal Kolom Atas	180
Gambar 4. 39. Penampang Kolom Interior K1 800/800 lantai 1.....	182
Gambar 4. 40. Detail Penulangan Kolom Interior K1 800/800 Lantai 1	182
Gambar 4. 41. Kolom yang ditinjau dimensi 800/800	183
Gambar 4. 42. Penampang Kolom	185
Gambar 4. 43. Diagram Interaksi Kolom bawah	186
Gambar 4. 44. Diagram Interaksi Kolom atas	186
Gambar 4. 45. Momen Nominal Kolom Bawah	189
Gambar 4. 46. Momen Nominal Kolom Atas	189
Gambar 4. 47. Penampang Kolom Eksterior K1 800/800 lantai 1.....	191

Gambar 4. 48. Detail Penulangan Kolom Eksterior K1 800/800 Lantai 1	192
Gambar 4. 49. Denah Lokasi Dinding Geser 1 pada As A Joint 2-3	193
Gambar 4. 50. Penampang Dinding Geser	194
Gambar 4. 51. Diagram Interaksi P-M shearwall Lantai 1- 4	202
Gambar 4. 52. Diagram Interaksi P-M shearwall Lantai 5- 9	202
Gambar 4. 53. Diagram Interaksi P-M shearwall Lantai 10-13	203
Gambar 4. 54. Nilai simpangan pada dinding geser terbesar	204
Gambar 4. 55. Nilai C Shearwall pada SPColumn	204
Gambar 4. 56. Detail Penulangan Shearwall Tipe 1 lantai 1-4	205
Gambar 4. 57. Detail Penulangan Shearwall Tipe 1 lantai 5-9	205
Gambar 4. 58. Detail Penulangan Shearwall Tipe 1 lantai 10-13	205
Gambar 4. 59. Sloof yang ditinjau	206
Gambar 4. 60. Penampang Sloof	208
Gambar 4. 61. Diagram Interaksi Sloof	209
Gambar 4. 62. Penampang Balok Sloof 45/75	210
Gambar 4. 63. Letak pondasi kolom yang ditinjau	212
Gambar 4. 64. Posisi tiang pancang kolom	216
Gambar 4. 65. Penampang Kritis Geser pada Pile Cap Interior	221
Gambar 4. 66. Penampang Kritis Geser pada Pile Cap Interior	222
Gambar 4. 67. Bidang Kritis pada Poer	225

Gambar 4. 68. Penampang Tiang Pancang	228
Gambar 4. 69. Diagram interaksi	229
Gambar 4. 70. Detail Penulangan pada Tiang Pancang Tipe 1	230
Gambar 4. 71. Letak pondasi Shearwall yang ditinjau ...	231
Gambar 4. 72. Posisi tiang pancang Shearwall.....	235
Gambar 4. 73. Penampang Tiang Pancang	247
Gambar 4. 74. Diagram Interaksi.....	247
Gambar 4. 75. Detail Penulangan pada Tiang Pancang Tipe 4	248

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Klasifikasi Situs.....	10
Tabel 2. 2. Koefisien Situs, F_v	12
Tabel 2. 3. Koefisien Situs, F_a	12
Tabel 2. 4. Nilai Parameter periode Pendekatan C_t dan x	13
Tabel 3. 1 Tebal Minimum pelat tanpa balok Interior.....	17
Tabel 3. 2 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.....	18
Tabel 3. 3. Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung.....	21
Tabel 4. 1. Total Berat Bangunan.....	81
Tabel 4. 2. Kategori Resiko Bangunan.....	84
Tabel 4. 3. Faktor Keutamaan Gempa.....	84
Tabel 4. 4. Klasifikasi Situs.....	86
Tabel 4. 5. Nilai N-SPT.....	86
Tabel 4. 6 Menentukan F_a	87
Tabel 4. 7 Menentukan F_v	87
Tabel 4. 8. Menentukan KDS	88
Tabel 4. 9. Menentukan KDS	88
Tabel 4. 10. Sistem Penahan gaya lateral	89
Tabel 4. 11. Gaya Gempa (F_x) pada tiap lantai.....	94
Tabel 4. 12. Gaya Gempa (F_y) pada tiap Lantai	95
Tabel 4. 13 Output Partisipasi Massa	97
Tabel 4. 14. Output perioda.....	98
Tabel 4. 15. Kontrol Berat Total Bangunan	99
Tabel 4. 16. Nilai Akhir Response spektrum	100
Tabel 4. 17. Nilai Akhir Respons Spektrum setelah ditambah faktor pengali.....	101
Tabel 4. 18. Kontrol Simpangan Arah-X	102

Tabel 4. 19. Kontrol Simpangan Arah-Y	103
Tabel 4. 20. Kontrol Sistem Rangka Gedung Arah X.....	104
Tabel 4. 21. Kontrol Sistem Rangka Gedung Arah Y.....	104
Tabel 4. 22. Koefisien Stabilitas Arah X (θ_x).....	105
Tabel 4. 23. Koefisien Stabilitas Arah Y (θ_y).....	106
Tabel 4. 24. Output ETABS Eksentrisitas Torsi Bawaan	107
Tabel 4. 25. Eksentrisitas Torsi tak Terduga	107
Tabel 4. 26. Nilai dari δ_{\max} , δ_{\min} , δ_{avg} untuk gempa arah X dominan	109
Tabel 4. 27. Kontrol Simpangan arah X	111
Tabel 4. 28. Kontrol Simpangan arah Y	111
Tabel 4. 29. Pembesaran Simpangan arah X	112
Tabel 4. 30. Pembesaran Simpangan Arah Y	113
Tabel 4. 31. Momen Arah X	113
Tabel 4. 32. Momen Arah Y	114
Tabel 4. 33. Gaya Dalam Balok Akibat Kompatibilitas .	114
Tabel 4. 34. Momen Arah X	115
Tabel 4. 35. Momen arah Y	115
Tabel 4. 36. Gaya dalam balok	115
Tabel 4. 37. Momen Arah Xx	143
Tabel 4. 38. Momen Arah Yy	144
Tabel 4. 39. Rekapitulasi Perhitungan Penulangan Lantai typikal	162
Tabel 4. 40. Gaya Geser pada hubungan pelat kolom.....	162
Tabel 4. 41. Gaya Momen dan gaya geser pada kolom ..	167
Tabel 4. 42. Pemeriksaan Gaya Normal arah X.....	172
Tabel 4. 43. Gaya Dalam Kolom Bawah Lantai 1	174
Tabel 4. 44. Gaya Dalam Kolom Atas Lantai 1	174
Tabel 4. 45. Gaya Dalem Kolom Bawah Lantai 1	183
Tabel 4. 46. Tabel Gaya Dalem Kolom Atas Lantai 1	184

Tabel 4. 47. Output ETABS pada Shearwall tipe 1 lantai 1-4.....	194
Tabel 4. 48. Output ETABS pada Shearwall tipe 1 lantai 5-9.....	194
Tabel 4. 49. Output ETABS pada Shearwall tipe 1 lantai 10-13.....	194
Tabel 4. 51. Reaksi Kolom AS 2-D.....	213
Tabel 4. 52. Data N_{SPT}	214
Tabel 4. 53. Jarak Tiang Pancang Kolom.....	217
Tabel 4. 54. Reaksi Kolom AS 2/3 – As A	232
Tabel 4. 55. Data N_{SPT}	233
Tabel 4. 56. Jarak Tiang Pancang Shearwall.....	237

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam membangun sebuah gedung biasanya dilakukan penghematan. Penghematan boleh saja dilakukan asalkan tidak mengurangi kekuatan bangunan tersebut. Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan flat slab. Flat slab adalah plat beton bertulang yang ditumpu secara langsung oleh kolom-kolom tanpa melalui balok-balok perantara. Flat slab mempunyai kekuatan geser yang cukup dengan adanya salah satu atau kedua hal berikut, pertama adanya drop panel yang merupakan penebalan plat didaerah kolom, kedua dibuatnya kepala kolom yaitu pelebaran yang mengecil dari ujung kolom atas. Flat slab digunakan untuk kisaran bentang 20-30 ft atau sekitar 6-9 m (Imran, I ; Hendrik, Fajar. 2014). Flat Slab mempunyai kelebihan-kelebihan diantaranya (1) Meningkatkan kecepatan konstruksi, (2) Pembangunan sederhana dan ekonomis karena pekerjaan yang sederhana, (3) langit-langit polos memberi kesan menarik karena tidak adanya balok, (4) perawatan mudah dan secara segi arsitektural lebih bagus (More, R. S., : Sawant, V. S. 2013).

Ditinjau dari lokasinya Indonesia adalah negara yang terletak diantara dua lempengan gempa tektonik yang rawan untuk terjadinya gempa. Oleh karena itu, pembangunan infrastruktur sekarang harus memenuhi syarat ketahanan terhadap gempa. Struktur yang tahan gempa dapat meminimalisir terjadinya kerusakan yang timbul akibat gempa. Mengingat tingginya resiko dan intensitas gempa di Indonesia, maka perencanaan harus sesuai dengan perhitungan letak bangunan ini dibangun.

Gedung Golden Tulip essensial Hotel merupakan gedung 8 lantai dengan 1 basement yang dibangun di kota Bojonegoro dan berada dalam zona daerah gempa menengah. Fungsi utama gedung ini adalah sebagai hunian. Dalam perencanaan ini, gedung akan dibangun dengan menggunakan metode flat slab dan berada pada zona gempa tinggi yang memenuhi kategori desian seismik D . Dalam merencanakan flat slab, perencanaan pelat dengan drop panel adalah hal terpenting yang harus diperhatikan mengingat tidak adanya balok dalam struktur. Dengan adanya drop panel yang bertujuan sebagai penahan gaya geser spon yang tinggi di pelat sekitar kolom. Metode flat slab sebenarnya kurang cocok bahkan tidak diperbolehkan untuk dibangun pada daerah gempa menengah – kuat. Untuk itu gedung tersebut direncanakan dengan memadukan metode flat slab dan sistem rangka gedung (SRG), dimana seluruh gempa akan dipikul oleh dinding geser (shear wall) sehingga metode flat slab dapat digunakan pada daerah gempa kuat.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Adapun permasalahan yang ditinjau dalam modifikasi perencanaan struktur Gedung “Golden Tulip essensial Hotel” ini antara lain ;

1. Bagaimana merencanakan dimensi pelat dengan drop panel menggunakan metode flat slab?
2. Bagaimana melakukan analisa struktur gedung yang dibangun dengan metode flat slab?
3. Bagaimana merencanakan transfer beban pada struktur tanpa adanya balok?
4. Bagaimana merencanakan kekuatan penampang tiap elemen ?
5. Bagaimana merencanakan struktur pondasi ?

1.3 TUJUAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam merencanakan ulang gedung “Golden Tulip essential Hotel” ini dengan metode flat slab ;

1. Mendapatkan dimensi pelat dengan drop panel dan kolom dengan metode flat slab.
2. Mampu mengetahui analisa struktur gedung yang dibangun dengan metode flat slab.
3. Mengetahui transfer beban pada struktur dengan metode flat slab.
4. Mengetahui kekuatan penampang tiap elemen.
5. Mengetahui perencanaan struktur pondasi.

1.4 BATASAN MASALAH

Dalam perencanaan ini diambil batasan;

1. Struktur yang diperhitungkan adalah flat slab, kolom, drop panel dan dinding geser
2. Struktur sekunder yang diperhitungkan adalah struktur tangga dan lift
3. Struktur bawah yang diperhitungkan adalah pondasi
4. Tidak memperhitungkan RAB
5. Tidak meninjau metode konstruksi
6. Tidak meninjau segi arsitektural

1.5 MANFAAT

Manfaat dari modifikasi ini adalah ;

1. Dapat dijadikan alternatif desain struktur gedung bertingkat dengan meminimalisir biaya.
2. Sebagai referensi dalam mendesain struktur bangunan gedung dengan menggunakan metode flat slab

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Struktur adalah suatu kesatuan dari rangkaian beberapa elemen yang didesain agar mampu menahan berat sendiri maupun beban luar tanpa mengalami perubahan bentuk yang melewati batas persyaratan. Struktur yang didesain harus mampu menahan beban, baik beban vertikal (beban mati dan beban hidup) maupun beban horizontal/lateral (beban angin dan beban gempa) yang direncanakan berdasarkan peraturan pembebanan. Bangunan gedung bertingkat terutama yang memiliki jumlah lantai banyak memerlukan perencanaan yang mampu menerima beban gempa yang terjadi. Tujuan perancangan bangunan tahan gempa adalah merancang suatu bangunan yang mempunyai daya tahan terhadap gempa yang terjadi, yaitu dimana jika pada bangunan terkena beban gempa tidak akan mengalami kehancuran yang dapat merusak atau merobohkan bangunan tersebut.

Perencanaan struktur bangunan umumnya terdiri dari dua bagian utama, yaitu perencanaan struktur bawah (*Sub structure*) dan perencanaan struktur atas (*Upper structure*). Struktur bawah atau *sub structure* merupakan bagian struktur yang mempunyai fungsi meneruskan beban ke dalam tanah pendukung. Perancangan struktur bagian bawah harus benar-benar terjamin keamanannya, sehingga keseimbangan struktur secara keseluruhan dapat terjamin dengan baik.

Untuk merencanakan gedung bertingkat salah satu perhitungan strukturnya menggunakan sistem flat slab dengan dinding geser. Struktur flat slab merupakan pelat beton bertulang yang mentransfer beban langsung ke kolom tanpa menggunakan elemen balok sepanjang garis

kolom pada bagian dalam bangunan, namun terdapat balok tepi pada luar atau balok eksterior. Pada struktur flat slab yang tidak terdapat balok namun terdapat penebalan pelat disekitar kepala kolom yang disebut drop panel. Keuntungan sendiri dari pemakaian struktur flat slab yaitu memungkinkan struktur yang lebih tinggi, serta fleksibilitas dalam tata letak, dan mempermudah pemasangan instalasi listrik.

Namun sistem Flat Slab hanya dapat diaplikasikan atau digunakan pada wilayah gempa renda hingga menengah. Dalam penyelesaian tugas akhir ini bangunan akan direncanakan pada wilayah gempah tinggi, maka dalam pelaksanaannya akan digabungkan dengan dinding geser (Shear Wall) dengan harapan dapat menambah kekuatan struktur bangunan gedung untuk menerima beban lateral.

2.2 Flat Slab

Flat Slab adalah merupakan konstruksi beton dua arah (two way slab with drops) yang hanya memiliki unsur horizontal berupa pelat tanpa balok dan ditahan kolom (Jack C. McCormac, 2002). Sistem flat slab ini mempunyai ciri khusus yaitu, tidak adanya balok sepanjang garis kolom dalam atau (interior), sementara balok-balok tepi sepanjang garis kolom luar atau (eksterior), bisa jadi ada atau tidak (Wang. C.K.:Salman C.G., 1989). Kemampuan flat slab untuk menahan gaya geser diperoleh dari salah satu atau kedua hal berikut :

1. Drop panel, yaitu penambahan tebal pelat di dalam daerah kolom untuk mengurangi tekanan pada bagian pelat.
2. Kepala kolom (column head) adalah pembesaran (penebalan) dari kolomnya yang bertemu dengan pelat diatasnya. (*sumber : John Scott., 2001*)

Dengan adanya salah satu atau kedua hal diatas, flat slab ini menurut beberapa sumber relatif lebih sesuai dipakai untuk ukuran pelat yang lebih besar atau pembebanan yang lebih berat, bila dibandingkan dengan pelat rata (flat plate) yang tidak dilengkapi oleh salah satu atau kedua hal diatas (wiryantowordpress,2008).

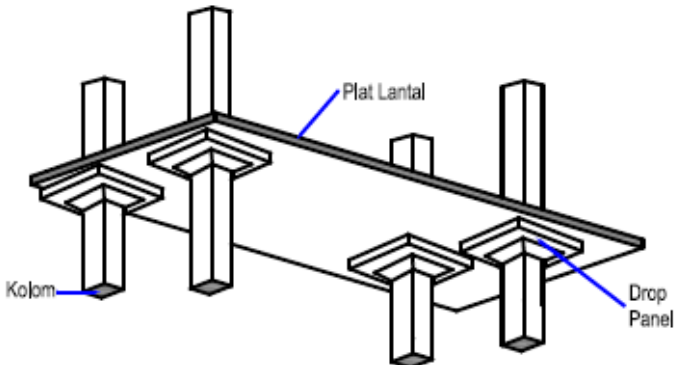
Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan sistem flat slab pada gedung-gedung bertingkat, antara lain :

- Tinggi bangunan dapat dikurangi.
- Tidak adanya balok-balok disepanjang garis kolom dalam, akan menambah ketinggian ruang antar lantai.
- Pemakaian Bekisting untuk balok hanya untuk bagian tepi saja.
- Secara arsitektural lebih bagus
- Adapun kelemahan flat slab yang menyebabkan perencanaan keberatan menggunakan sistem ini adalah :
- Tanpa adanya balok-balok disepanjang garis kolom, maka kemampuan menahan beban menjadi berkurang.
- Besarnya tegangan geser pons yang terjadi pada pelat di sekitar kolom dapat menyebabkan keruntuhan pons, terlebih dengan adanya momen unbalance akibat gaya lateral.
- Konstruksi flat slab mempunyai kekakuan relatif rendah, sehingga untuk menerima gaya lateral menjadi kurang.

(Sumber : Wang, C.K., 1989 :118)

Sistem Flat Slab ini lebih dapat diterima oleh para arsitek dan perancang bangunan, sistem ini merupakan sistem dimana pelat diberi perkuatan di dekat kolom. Perkuatan ini disebut drop panel dan (atau) column capitals. Dibandingkan dengan flat plate system, sistem ini dapat digunakan untuk beban yang lebih tinggi, dan bentang yang lebih panjang. Ketebalan pelat dapat

berkisar antara 125- 300 mm dengan bentang 4-9 m. Tujuan dari kepala kolom yaitu mendapatkan pertambahan keliling sekitar kolom untuk memindahkan geser dari beban lantai dan untuk menambah tebal dengan berkurangnya perimeter di depan kolom (Wang, C.K.:Salman C.G., 1989).



Gambar 2. 1. Sistem Flat Slab

2.3 Sistem Rangka Gedung (SRG)

Sistem perencanaan struktur yang akan dipakai dalam modifikasi ini adalah Sistem Rangka Gedung berdasarkan Tata Cara SNI 03 1726:2012. System rangka gedung adalah system struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul dinding geser atau rangka bresing. Sistem rangka gedung dengan dinding geser beton bertulang yang bersifat daktail penuh dapat direncanakan dengan menggunakan ilai faktor modifikasi respons , R, sebesar 6,0 sesuan SNI 03 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel 9. Dinding geser yang digunakan dalam modifikasi ini adalah dinding struktur khusus yang sesuai dengan kategori desain seismic D,E,F (SNI 03 2847:2013Pasal 21.1.1.3). Ketentuan dinding struktur khusus dijelaskan dalam SNI 03 2847:2013 pasal 21.9.

2.4 Dinding Struktur Khusus

Dinding struktural merupakan dinding yang diproporsikan untuk menahan kombinasi geser, momen dan gaya aksial. Dinding geser adalah dinding struktur (SNI 03 2847:2013). Dalam wilayah gempa tinggi digunakan dinding struktur untuk mampu menahan gaya geser yang timbul akibat gempa. Dalam perencanaan dinding struktur khusus mengacu pada SNI 03 2847:2013 pasal 21.9 dan SNI 03 1727:2012 pasal 7.2. Dinding struktural khusus merupakan dinding cor di tempat atau pracetak yang memenuhi persyaratan SNI 03 2847:2013 pasal 21. Dinding struktur yang didesain untuk kategori desain seismik D maka untuk ketinggian dibatasi dengan 48 meter sesuai SNI 1726:2012

2.5 Pembebanan

Beban yang bekerja pada struktur ini terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup dan beban gempa. Untuk kombinasi pembebanan mengacu pada beberapa peraturan yaitu SNI 2847-2013, ACI 318-02, SNI 1727:2013. Beban – beban yang bekerja secara detil dijabarkan sebagai berikut:

2.5.1 Beban mati

Beban mati adalah berat keseluruhan bahan konstruksi gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, dinding partisi, komponen arsitektural lainnya yang terpasang pada gedung.

2.5.2 Beban hidup

Beban hidup lantai yang bekerja dalam struktur ini berupa beban terbagi rata sesuai fungsi ruangnya yang tertera pada SNI 03-1727-2013.

2.5.3 Beban gempa

Beban gempa adalah beban yang berpengaruh pada bangunan akibat terjadinya gerakan tanah. Beban gempa ini dapat dibedakan menjadi 2 metode analisis, yaitu ;

1. Metode analisis beban gempa statik ekuivalen, yang digunakan untuk bangunan - bangunan yang dikategorikan sebagai bangunan beraturan.
2. Metode analisis beban gempa dinamik, yang digunakan untuk bangunan-bangunan yang dikategorikan sebagai bangunan tidakberaturan.

Untuk mengetahui besarnya beban gempa, perlu diketahui beberapa parameter langkah perhitungan sebagai berikut ;

1. Wilayah gempa
2. Faktor Keutamaan dan kategori gedung bangunan
3. Penentuan klasifikasi tanah setempat

Jenis tanah ditetapkan sebagai tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak apabila untuk lapisan setebal maksimum 30 meter paling atas memenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam tabel 2.1:

Tabel 2. 1. Klasifikasi Situs

-Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa			

Tabel 2. 2. Klasifikasi Situs (lanjutan)

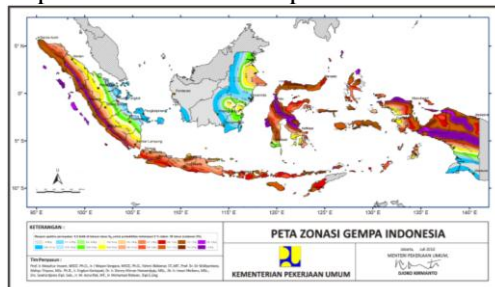
-Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa 		

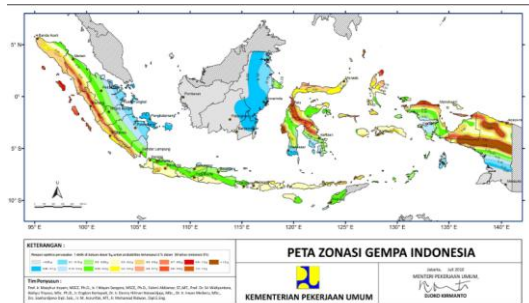
4. Berat Struktur (Wt)

Perhitungan berat struktur perlantai yang meliputi berat akibat beban sendiri, berat akibat beban hidup total yang membebani struktur.

5. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter spectral percepatan gempa maksimum.

Parameter yang digunakan adalah S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) yang harus ditetapkan masing-masing dari respon spektrum percepatan 0,2 detik dalam peta gerak tanah seismik (MCER) kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun. Dimana dalam perumusan mengacu pada SNI 1726-2012 pasal 6.2 .

Gambar 2. 2. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S_s)



Gambar 2. 3. Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (s1)

- Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 0,2 detik (S_{MS}).

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad 2.1$$

- Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1}).

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad 2.2$$

Tabel 2. 3. Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 1$ detik, S_I				
	$S_I \leq 0,25$	$S_I = 0,5$	$S_I = 0,75$	$S_I = 1,0$	$S_I \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

Tabel 2. 4. Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

6. Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)

T_a = periode fundamental pendekatan

$$T_a = C_t h_n^x$$

Koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 2.4 :

Tabel 2. 5. Nilai Parameter periode Pendekatan C_t dan x

TipeStruktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	$0,0724^a$	0,8
Rangka beton pemikul momen	$0,0466^a$	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	$0,0731^a$	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	$0,0731^a$	0,75
Semua sistem struktur lainnya	$0,0488^a$	0,75

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan mempelajari data yang berkaitan dengan perencanaan berupa :

3.1.1.1 Data Umum Bangunan yang sudah ada

- **Data Umum Bangunan**

Tipe Bangunan : Hunian Hotel
Nama Gedung : Golden Tulip Essensial Hotel
Letak Bangunan : Bojonegoro
Jumlah Lantai : 8 Lantai
Tinggi Bangunan : ± 29.25 meter
Luas Bangunan : $1.749,57 \text{ m}^2$
Struktur Bangunan : Beton Bertulang
Zona Gempa : Gempa Menengah

3.1.1.2 Data umum bangunan setelah dimodifikasi

- **Data Umum Bangunan**

Tipe Bangunan : Hunian Hotel
Nama Gedung : Golden Tulip Essensial Hotel
Letak Bangunan : Semarang
Jumlah Lantai : 13 Lantai
Tinggi Bangunan : ± 42.10 meter
Luas Bangunan : $1.749,57 \text{ m}^2$
Struktur Bangunan : Struktur beton bertulang (flat slab)
Struktur Utama : Sistem Rangka Gedung
Zona Gempa : Gempa Tinggi

3.1.1.3 Data Tanah

Data tanah yang digunakan untuk merencanakan pondasi gedung (Data Terlampir)

3.2 Peraturan Yang Digunakan

Mempelajari literature atau pustaka yang berkaitan dengan perencanaan diantaranya tentang Peraturan yang membahas perencanaan struktur antara lain :

1. Badan Starndart Nasional. Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)
2. Badan Starndart Nasional. Tata cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
3. Tata Cara Perhitungan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 03-1727-2013)

3.3 Metode Perencanaan Yang Digunakan

Desain Modifikasi Struktur gedung Golden Tulip essensial Hotel yang digunakan adalah metode flat slab yang akan direncanakan untuk didirikan di zona gempa tinggi dengan menambahkan struktur dinding struktur di sekitar tepi bangunan. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban, maka detail penulangan harus memenuhi *SNI 2847-2013 pasal 21.9*

3.1.1 Konsep Pembebanan Yang Digunakan

Dalam tugas akhir ini, sebagian besar gaya lateral dipikul oleh dinding geser. Gaya lateral atau gaya gempa yang dipikul shear wall sebesar 90% dan sisanya harus mampu dipikul oleh struktur lain (kolom dan flat slab)

3.1.2 Program Bantu Analisa

Untuk analisa perhitungan struktur seluruhnya menggunakan program bantu.

3.4 Desain Awal (Preliminary Design)

Desain awal mencakup perencanaan dimensi awal struktur gedung sesuai dengan SNI 03-2847-2013, antara lain :

3.4.1 Struktur Primer

3.4.1.1 Perencanaan dimensi pelat dan drop panel

Tebal minimum pelat tanpa balok yang menghubungkan tumpuan-tumpuan dan yang mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua harus memenuhi ketentuan pada Tabel 3.1 :

Tabel 3. 1 Tebal Minimum pelat tanpa balok Interior

Tegangan leleh, f_y (Mpa) **	Tanpa Penebalan**			Dengan Penebalan**		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	tanpa balok pinggir	dengan balok pinggir*		tanpa balok pinggir	dengan balok pinggir*	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.

*Pelat dengan balok diantara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai * untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8

**untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam table, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.

#Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5

3.4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam menentukan dimensi awal kolom dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Kolom yang akan dianalisis dipilih berdasarkan yang memikul beban terbesar lalu menentukan data desain yang meliputi :
 - Tebal plat yang menumpu kolom yang akan dianalisis.
 - Dimensi balok tepi dan drop panel yang menumpu kolom yang akan dianalisis.

- Mutu Beton yang digunakan (f'_c).
- 2. Mendefinisikan beban-beban yang akan menumpu pada kolom sesuai dengan SNI 1727-2013.
- 3. Menghitung A_{perlu} dengan menggunakan pers. 3-01

$$A = \frac{P}{\phi f'_c} \quad 3.1$$

Keterangan :

A = Luas kolom yang dibutuhkan (mm^2)

P = Total beban yang menumpu kolom

ϕ = Faktor reduksi = 0,3

Cek dimensi kolom dengan $h = b$ lebih besar dari 300 mm serta rasio b dan h lebih besar dari 0,4

3.4.1.3 Perencanaan Dimensi Balok Tepi dan Balok Perangkai

Menurut SNI 03-2847-2013 tabel 9.5.(a) : balok pada dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum (bila lendutan tidak dihitung) seperti pada Tabel 3.2:

Tabel 3. 2 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum , h			
	Tertumpu sederhana	satu ujung menerus	kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan denganartisi atau konstrukdi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	1/16	1/18.5	1/21	1/8

CATATAN:

Panjang bentang dalam mm.

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk kompenan struktur dengan beton normal dan tulanngan Mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), W_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi

harus dikalikan dengan $(1.65 - 0.0003W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1.09

- (b) Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0.4 + f_y/700)$.

Berdasarkan Tabel 3.2 diatas dalam menentukan dimensi awal balok dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Menentukan data desain yang meliputi :
 - Panjang Balok
 - Data properties material
2. Rencanakan lebar balok (b) adalah $2/3 h$.
3. Bila f_y sama dengan 400 Mpa gunakan *persamaan 3-02*.
Bila f_y selain 420 Mpa gunakan *persamaan 3-03*

$$h_{min} = L/16 \quad 3.2$$

$$h_{min} = \frac{1}{16} \left(0.4 + \left(\frac{f_y}{700} \right) \right) \quad 3.3$$

Keterangan :

h_{min} = Tinggi minimum balok (mm).

L = Panjang balok (mm).

f_y = Tegangan leleh baja (MPa).

3.4.2 Struktur Sekunder

3.4.2.1 Perencanaan tangga

Adapun langkah-langkah perencanaan tangga sebagai berikut:

1. Perencanaan desain awal tangga

Perhitungan mencari lebar dan tinggi injakan dan tabel pelat ekuivalen

$$60 \text{ cm} \leq 2t + I \leq 65 \text{ cm} \quad 3.4$$

Dimana: t = Tinggi injakan

I = Lebar injakan

A = Sudut kemiringan tangga ($5^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$)

2. Pembebanan yang terjadi pada tangga
3. Perhitungan gaya-gaya dalam
4. Perhitungan penulangan

3.5 Pembebanan

3.5.1 Beban yang dipakai

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 dan SNI 03-1726-2012 beban yang diperlukan antara lain :

1. Beban mati (SNI 03-1727-2013)
2. Beban hidup (SNI 03-1727-2013)

Berdasarkan SNI 1727-2013 Tabel 4-1, beban hidup Gedung Hotel (hunian) harus diambil paling sedikit sebesar $1,92 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan untuk beban hidup pada atap harus diambil paling sedikit sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$.

3. Beban gempa (SNI 03-1726-2012)

Beban gempa yang dimaksud adalah gaya-gaya dalam struktur yang terjadi oleh gerakan tanah akibat dari gempa tersebut. Rencana struktur gedung ditentukan melalui analisa respon dinamik 3 dimensi.

3.5.2 Kombinasi pembebanan

Adapun kombinasi pembebanan menurut SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1 antara lain :

1. $U = 1,4D$ 3.5
2. $U = 1,2D + 1,6L + 0.5 (L_r \text{ at atau } R)$ 3.6
3. $U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$ 3.7
4. $U = 1,2D + 1,0L + 1,0W + 0.5 (L_r \text{ atau } R)$ 3.8
5. $U = 0,9D + 1,0W$ 3.9
6. $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$ 3.10
7. $U = 0.9D + 1,0E$ 3.11

3.5.3 Beban gempa

3.5.3.1 Periode fundamental alami

Periode structural fundamental T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas perioda yang dihitung (C_u) dari tabel 1 dikali perioda fundamental pendekatan, T_a .

$$T < C_u \times T_a \quad 3.12$$

Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental, T , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai pada Tabel 3.3 :

Tabel 3. 3. Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desian pada 1 detik, S_d1	Koefisien, C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

3.5.3.2 Geser dasar seismic

Geser dasar seismic, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan 21 pada *SNI 03-1726-2012* berikut :

$$V = C_s \times W \quad 3.13$$

Dimana :

C_s = koefisien respons seismic yang ditentukan sesuai dengan SNI 03-1727-2012 Pasal 7.8.1.1

W = Berat seismic efektif menurut SNI 03-1727-2012 Pasal 7.7.2

3.5.3.3 Perhitungan koefisien respons seismic

Menurut standart SNI 03-1726-2012, peluang dilampauinya beban dalam kurun waktu umur bangunan 50 tahun adalah 2% dan gempa yang menyebabkan disebut gempa rencana (dengan perioda ulang 2500 tahun). Nilai factor modifikasi respons struktur dapat ditetapkan sesuai dengan kebutuhan.

Untuk eksentrisitas sesungguhnya, dalam mm, diukur dari denah antara titik pusat massa struktur diatas pemisahan isolasi dan titik pusat kekakuan isolasi, ditambah dengan eksentrisitas tak terduga, dalam mm, diambil sebesar 5% dari ukuran maksimum bangunan tegak lurus dengan arah gaya yang ditinjau. Koefisien respons seismic, C_s , harus ditentukan sesuai dengan *SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1* :

$$C_s = \frac{S_d s}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad 3.14$$

Dimana :

$S_d s$ = Parameter percepatan spectrum respons desain dalam rentang perioda pendek seperti ditentukan dari (SNI 03-1726-2012 pasal 6.3)

R = factor modifikasi respons dalam (SNI 03-1726-2012 tabel 9)

I_e = factor keutamaan hunian yang ditentukan sesuai dengan (SNI 03-1726-2012 pasal 4.2.1 tabel 1)

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0.044 S_d s I_e \geq 0.01 \quad 3.15$$

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1.1) tidak perlu melebihi berikut ini :

$$C_s \max = \frac{S_d 1}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad 3.16$$

3.5.3.4 Skala gaya

Jika kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85% dari gaya geser dasar (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, maka gaya harus dikalikan dengan :

$$0.85 \frac{V}{V_t} \quad 3.17$$

Dimana :

V = Gaya dasar prosedur gaya lateral ekivalen, yang dihitung sesuai dengan pasal 7.9 dan 7.8

V_t = gaya geser dari kombinasi ragam yang diisyaratkan

3.6 Pendetailan Elemen Struktur

3.6.1 Flat Slab

1. Perencanaan pembebanan pelat terdiri dari :
 - a. Besarnya beban yang bekerja sesuai dengan SNI 03-1727-2012
 - b. Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0.5 (L_r \text{ at atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0L + 1,0W + 0.5 (L_r \text{ atau } R)$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$$

$$U = 0,9D + 1,0E$$

2. Perhitungan tulangan sekunder pelat
Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang diisyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad 3.18$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} \quad 3.19$$

Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{f_y}} \right) \quad 3.20$$

Menentukan luas tulangan (As) dari ρ yang didapatkan

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d \quad 3.21$$

3. Panjang penyaluran tulangan
(SNI 03-2847-2013 Pasal 12)

3.6.2 Kolom

1. Penulangan penyaluran tulangan
Syarat dimensi kolom menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5.6 dapat dipenuhi bila:

- Menerima beban aksial berfaktor lebih dari

$$\frac{Ag f_c'}{10} \quad 3.22$$

Bila hasilnya lebih kecil dari beban aksial berfaktor maka berlaku :

- Ukuran penampang terkecil $> 300\text{mm}$ 3.23
 - Rasio $\frac{b}{h} > 0,4$ 3.24
2. Pengekangan kolom (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5.2)

$$Lo \geq h \quad 3.25$$

$$Lo \geq 1/6 ln \quad 3.26$$

$$Lo \geq 450 \quad 3.27$$

Dengan s memenuhi ketentuan sabagai berikut :

$$S = 1/2h \quad 3.28$$

$$= 8d \quad 3.29$$

$$= 300 \quad 3.30$$

Diambil yang paling kecil

Untuk Ash min sesuai dengan pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai sebesar dari perumusan:

$$\begin{aligned} Ash &= 0,3 (s \times bc \times f_c' / f_y) [(Ag/Ach)-1] \\ &= 0,09 (s \times bc \times f_c' / f_y) \end{aligned} \quad 3.31$$

3. Sambungan lewatan kolom sesuai dengan 12.2.3 panjang sambungan lewatan tulangan harus dihitung dengan rumusan :

$$\frac{ld}{db} = \frac{fy}{1,1\lambda\sqrt{fc}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{c+Ktr}{db}\right)} \quad 3.32$$

$$\text{Dimana : } \frac{c+Ktr}{db} < 2,5$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\psi_s = 1,0$$

$$\psi_t = 1,0$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.15, sambungan lewatan harus diletakan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik. Sehingga panjang lewatan kolom setelah dikalikan faktor sebesar 1,3 .

3.6.3 Balok

1. Penulangan penyaluran tulangan
Syarat dimensi balok menurut SNI 03-2847-2013 dapat dipenuhi bila:

- Menerima beban aksial berfaktor lebih dari

$$\frac{Ag fc'}{10} \quad 3.33$$

Bila hasilnya lebih kecil dari beban aksial berfaktor maka berlaku :

- a. Ukuran penampang terkecil $> 250\text{mm}$ 3.34

- b. Rasio $\frac{b}{h} > 0,3$ 3.35

$$\text{Jumlah tulangan } As \geq 1,4 bw \frac{d}{fy} \quad 3.36$$

$$\text{rasio tulangan } \rho \leq 0,025 \quad 3.37$$

2. Pengekangan Balok (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.3)

Spasi maksimal tulangan geser di sepanjang balok

$$S = d/2 \quad 3.38$$

3.6.4 Hubungan Kolom – Flat slab

Perencanaan penampang terhadap geser yang terletak pada sambungan slab kolom harus didasarkan pada rumus sebagai berikut :

$$Vu \leq \phi Vn \quad 3.39$$

Dengan Vu adalah gaya geser berfaktor pada penampang yang ditinjau dan Vn adalah kuat geser nominal kuat geser nominal yang dihitung dari :

$$Vn = Vc + Vs \quad 3.40$$

Dimana $Vs = 0$, sedangkan Vc harus diambil nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut:

$$Vc = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b. d \quad 3.41$$

$$Vc = 0,083 \left[\frac{\alpha s d}{b} + 2 \right] \lambda \sqrt{f'c} b. d \quad 3.42$$

$$Vc = 0,33 \sqrt{f'c} b. d \quad 3.43$$

Untuk Persamaan dari Vu sebagai gaya geser terfaktor sebagai berikut :

$$Vu = \frac{Vu}{6} \pm \frac{y_v \times Mu \times Cab}{Jc} \quad 3.44$$

Keterangan :

Mu = Momen Unbalanced

C = jarak dari sumbu pusat penampang tahanan geser kritis ke titik dimana tegangan geser dihitung

Jc = Momen inersia polar penampang geser kritis terhadap sumbu putar penampang kritis yang sejajar dengan sumbu momen yang ditinjau

Dimana :

$$M = 0,07 [(q_{DL} + 0,5q_{LL})l_2l_n^2 - q'_{DL}l'_2(l'_n)^2] \quad 3.45$$

$$\gamma v = 1 - \gamma f \quad 3.46$$

$$\gamma f = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \quad 3.47$$

$$c = \Sigma \left[\left(1 - 0,63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right] \quad 3.48$$

Keterangan :

- b1 = lebar total penampang kritis pada arah tegak lurus terhadap sumbu momen yang ditinjau
- b2 = lebar total penampang kritis pada arah sejajar sumbu momen yang ditinjau
- c = konstanta torsi balok tepi

Nilai Vu tersebut diatas harus memenuhi :

$$Vu \leq \phi V \quad 3.49$$

Dimana :

$$\phi V_n = \frac{\phi V_c}{b d} \rightarrow \text{Untuk pelat tanpa tulangan geser} \quad 3.50$$

atau

$$\phi V_n = \frac{\phi (V_c + V_s)}{b d} \rightarrow \text{Untuk pelat dengan tulangan geser} \quad 3.51$$

Tulangan geser diperlukan apabila $\phi V_u \geq V_n$
maka Vc ditentukan dengan rumus :

$$\phi V_c = \phi 4 \sqrt{f'c} b. d \quad 3.52$$

3.6.5 Shear Wall

Untuk perencanaan shear wall memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Dari analisa pembebanan didapatkan beban-beban yang bekerja pada dasar dinding geser
2. Menentukan kuat geser dinding. (SNI 03-2847-2013 pasal 21.9.4)
 - a. Kuat geser nominal Vn tidak diperkenankan melebihi :

$$V_n = A_c v \left[\alpha c \sqrt{f'c} + \rho n. f_y \right] \quad 3.53$$

- b. Kuat geser nominal system dinding struktural secara bersama-sama memikul beban lateral tidak boleh melebihi $0,66 A_{vc} \sqrt{f'c}$, dimana A_{vc} adalah luas penampang total sistem dinding struktural dan kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh $> 0,83 A_{vc} \sqrt{f'c}$ dimana A_{cp} adalah luas penampang dinding yang ditinjau.
- c. Menentukan DS perlu komponen batas khusus bila :

$$c > \frac{\lambda w}{600 \left(\frac{\delta u}{hw} \right)} \quad 3.54$$

Besaran $\left(\frac{\delta u}{hw} \right)$ tidak boleh diambil kurang daripada 0,007. Sedangkan nilai c ditentukan berdasarkan panjang daerah serat tekan akibat momen nominal yang bekerja, untuk itu perlu terlebih dahulu didesain kebutuhan tulangan vertical komponen batas DS di kedua sisi.

3. Kontrol Dinding Struktural

- Kontrol Batas Kuat
Rasio tulangan di arah vertikal dan horizontal harus diatur tidak boleh kurang dari 0,002 atau $s < 450\text{mm}$ (pasal 21.9.2.1).
Batas kuat geser Dinding struktural sesuai pasal 21.9.4.4 sebesar ;

$$V_n < 0,66 A_{cv} \sqrt{f'c} \quad 3.55$$

$$V_n < 0,83 A_{cv} \sqrt{f'c} \quad 3.56$$
- Kontrol elemen batas
Elemen batas yang diperlukan jika kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada dinding struktur melebihi $0,2fc'$ (pasal 21.9.6.3)

- Kontrol kapasitas Aksial Shear Wall
Kapasitas beban aksial shearwall tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

3.7 Struktur Pondasi

3.7.1.1 Struktur pondasi

Gaya yang bekerja pada sebuah tiang dalam sekelompok tiang akibat beban-beban luar (beban vertical dan momen) dihitung dengan perumusan :

$$P1 = \frac{\Sigma V}{n} + \frac{Mx dyi}{\Sigma_{i=1}^n d^2 yi} \pm \frac{Mx dxi}{\Sigma_{i=1}^n d^2 xi} \quad 3.57$$

Dimana :

ΣV = jumlah tiang vertical

n = jumlah tiang

Mx, My = Momen-momen yang bekerja di atas poer

dxi, dyi = jarak dari sumbu tiang ke titik berat susunan kel. tiang

a. Daya Dukung 1 Tiang

Daya dukung tiang yang berdiri sendiri dirumuskan sebagai berikut :

$$Qult = Qe \times Qf - W \quad 3.58$$

Dimana :

$Qult$ = Ultimater pile capacity

Qe = End bearing

Qf = Side friction capacity

W = Berat tiang

Sehingga rumus daya dukung 1 tiang adalah :

$$Qult = Ek \times Qult(\text{berat sendiri}) \quad 3.59$$

b. Daya dukung kelompok tiang

Hasil dari penyelidikan tanah di lapangan dengan menggunakan SPT adalah data-data yang disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara pukulan (N) dan kedalamannya, dilengkapi dengan tebal jenis lapisan tanahnya. Meyerhif mengkerelasikan kekuatan ujung dan geseran pada satu tiang dengan hasil SPT untuk tanah.

$$Q_{ult} = 4N_p A + \frac{N \times \phi}{B} \quad 3.60$$

Dimana :

N_p = Jumlah standart penetrasi pada dasar tiang

N = nilai rata-rata N sepanjang tiang

B = 50 untuk gesekan maksimum satuan 1 t/ft²

A = luas selimut tiang

Daya dukung ijin tiang

$$Q_{ijin} = \frac{P}{SF} \quad 3.61$$

c. Kontrol terhadap gaya lateral

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode philiponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

Monolayer = 3 atau 6 kali diameter

Multilayer = 1,5 atau 3 kali diameter

$M = L_e \times H$

$M < M_{bending \text{ crack}}$ (dari spesifikasi beton)

3.7.2 Perencanaan Poer

Dalam merencanakan tebal poer harus memenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal gaya geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil, sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11

Kuat geser pada poer, dalam SNI pasal 11.11 ditentukan :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} . b . d \quad 3.41$$

$$V_c = 0,083 \left[\frac{as}{b} + 2 \right] \lambda \sqrt{f'c} b . d \quad 3.42$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} b . d \quad 3.43$$

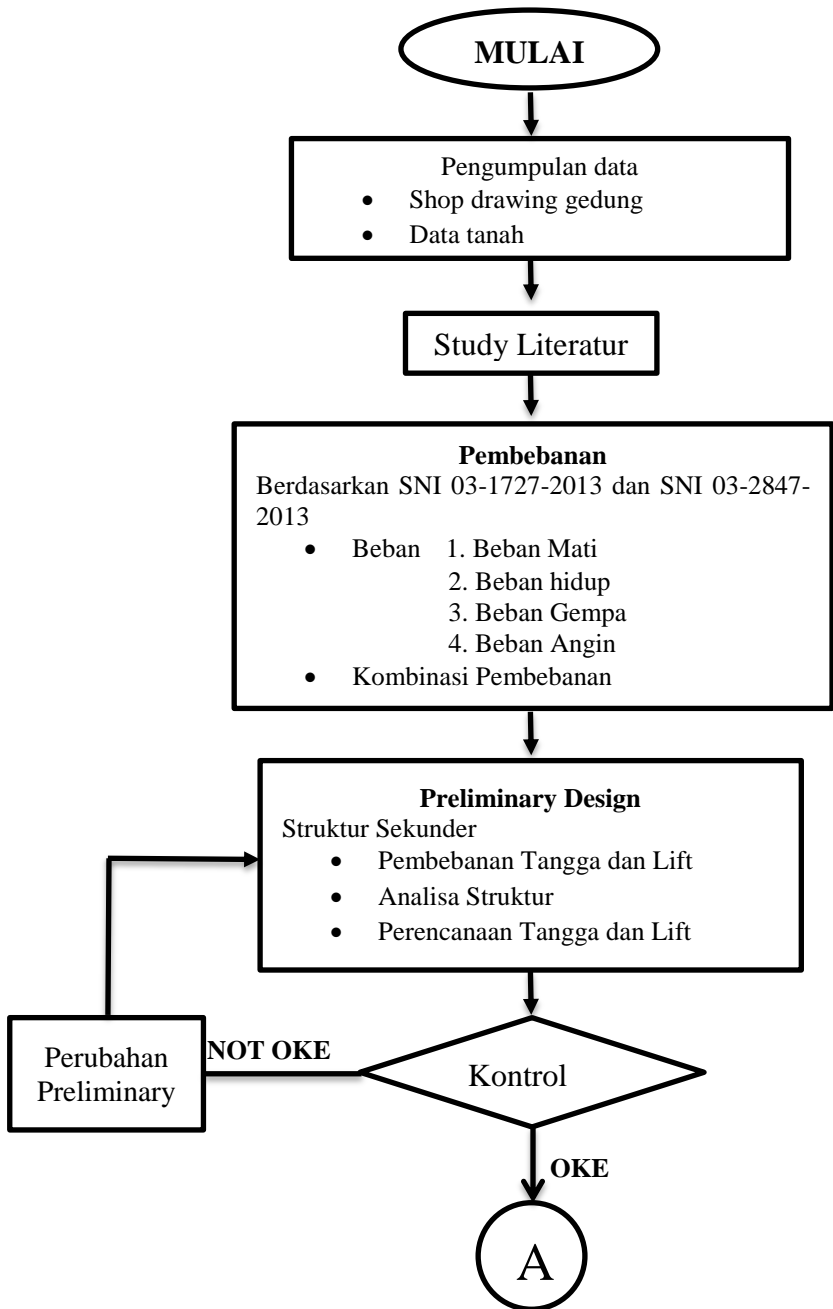
Dimana :

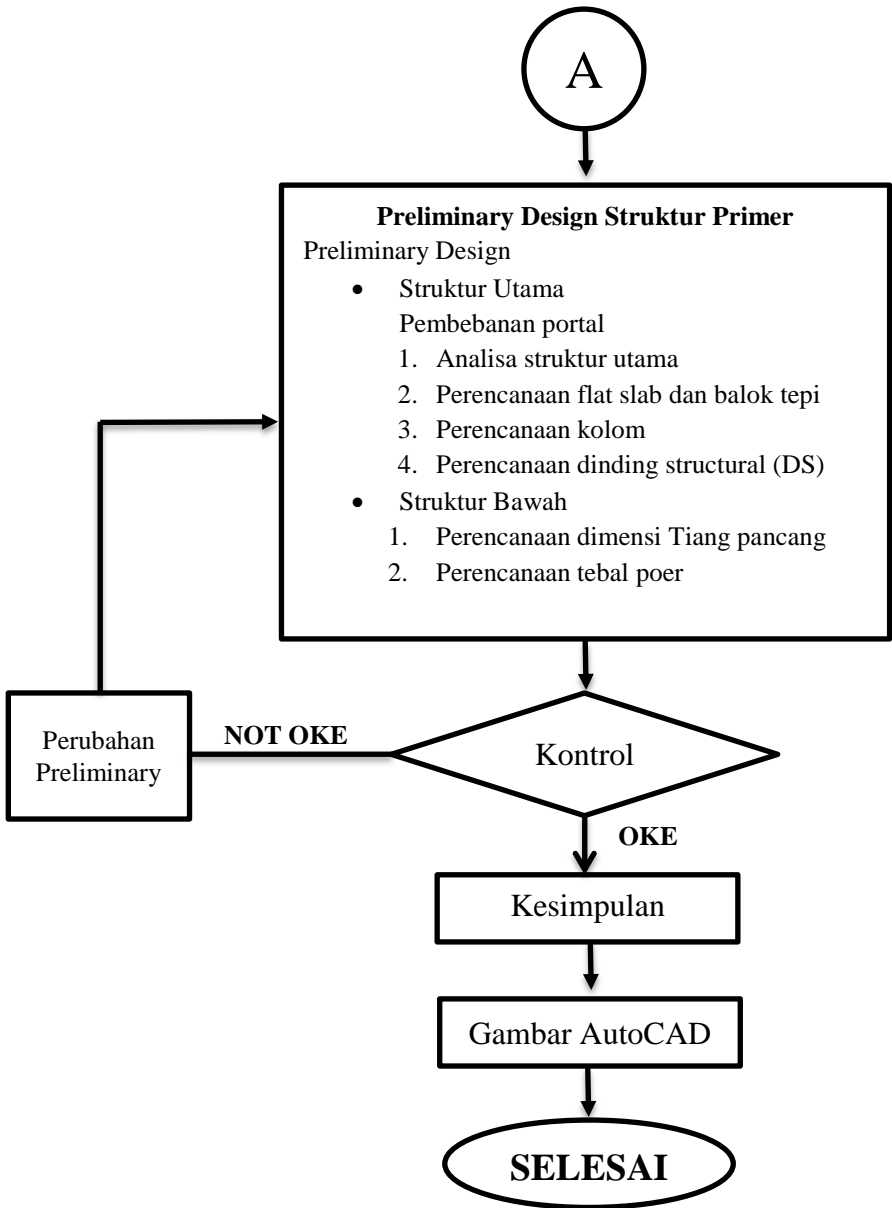
βc = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

b = parameter penampang kritis

$V_u < \phi V_n \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

3.8 Diagram alir





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 UMMUM

Pada bab ini menjelaskan tahapan-tahapan perencanaan dan analisa struktur dari pekerjaan tugas akhir ini. Perencanaan struktur gedung ini menggunakan Sistem Rangka Gedung (SRG) yang perencanaannya menggunakan struktur flat slab dan dinding struktur.

Berikut tahapan-tahapan perencanaan dan analisa struktur untuk pekerjaan tugas akhir ini :

- Preliminary Design
- Perhitungan Struktur Sekunder
- Pembebanan dan Analisa Struktur
- Perhitungan Struktur Primer
- Perhitungan Struktur Bawah

4.1.1 Data Perencanaan

Sebelum perhitungan preliminary design perlu diketahui dahulu data perencanaan dan beban yang diterima oleh struktur gedung pada perencanaan gedung Hotel “Golden Tulip Essensial” yang dimodifikasi menggunakan flat slab dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Tipe Bangunan : Hunian Hotel
- Nama Gedung : Golden Tulip Essensial Hotel
- Letak Bangunan : Semarang
- Jumlah Lantai : 13 Lantai
- Ketinggian lantai
 - Lantai 1 : 4,5 m
 - Lantai 2 : 3,5 m

- Lantai 3-13 : 3,1 m
- Tinggi Bangunan : $\pm 42,10$ meter
- Luas area total : $1749,57 \text{ m}^2$
- Mutu Beton (f_c') : 35 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
- Letak Bangunan : jauh dari Pantai

4.1.2 Pembebanan

1. Beban Statis

a. Beban Mati (Sesuai Brosur dan ASCE 07-10)

- Beton Bertulang = 2400 kg/m^3
- Keramik = $20,5 \text{ kg/m}^2$ (Roman 50x50)
- Plesteran dinding = 38 kg/m^2 (Mu-301 tebal 10mm)
- Plesteran lantai = $28,5 \text{ kg/m}^2$ (MU-301 tebal 15mm)
- Acian = $10,8 \text{ kg/m}^2$ (MU-250 tebal 3mm)
- Bata Ringan = 60 kg/m^2 (Citicon 60x20x10)
- Perekat bata ringan = $5,55 \text{ kg/m}^2$ (MU-380)
- Ducting AC = 10 kg/m^2 (ASCE 07-05, Mechanical Duct Allowance)
- Plafond = 17 kg/m^2 (ASCE 07-05 gypsum board)
- Penggantung = 8 kg/m^2 (ASCE 07-05 Suspended Steel Channel)
- Plumbing = 10 kg/m^2

b. Beban Hidup (SNI 1726:2013)

- Hunian Hotel = $1,92 \text{ kN/m}^2 \approx 195,72 \text{ kg/m}^2$
- Tangga = $4,79 \text{ kN/m}^2 \approx 488,28 \text{ kg/m}^2$
- Lantai Atap = $0,96 \text{ kN/m}^2 \approx 97,86 \text{ kg/m}^2$

2. Beban Angin

Sesuai Kecepatan angin selama 5 tahun terakhir sebesar 37,0 km/jam

3. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 1726:2012

4.2 PRELIMINARY DESIGN

4.2.1 Perencanaan Dimensi Pelat

Tebal minimum pelat tanpa ada balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap pendek tidak lebih dari 2 harus memenuhi ketentuan SNI 03 2847:2013 ps 9.5.3.2. Perencanaan pelat didasarkan pada panel dengan ukuran terbesar yaitu 7,45 m x 7,00 m.

Direncanakan dengan $f_y = 400 \text{ Mpa}$

$$\text{Interpolasi} \rightarrow h = \frac{ln}{35,43} = \frac{7450 \text{ mm}}{35,43} = 210,03 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Jadi tebal pelat keseluruhan lantai yang direncanakan dengan ketebalan $h = 250 \text{ mm} \approx 25 \text{ cm}$

4.2.2 Perencanaan Dimensi Drop Panel

Direncanakan drop panel untuk menahan gaya geser yang memenuhi ketentuan SNI 03 2847:2013 ps 13.2.5 yaitu ;

4.2.2.1 Dimensi Drop Panel

Berdasarkan SNI 03 2847:2013 ps 13.2.5.b didapatkan untuk menghitung lebar drop panel yaitu ;

$$L_{Drop \text{ Panel}} \geq \frac{1}{6} L$$

$$L_{Drop \text{ Panel}} \geq \frac{1}{6} 7450 \text{ mm}$$

$$L_{Drop \text{ Panel}} \geq 1241,7 \text{ mm} \approx 125 \text{ cm}$$

Jadi, lebar drop panel direncanakan $L_{\text{drop panel}} = 1500 \text{ mm} \approx 150 \text{ cm}$ untuk arah X maupun Y diukur dari pusat kolom.

Berdasarkan SNI 03 2847:2013 ps 13.2.5.a didapatkan untuk menghitung tebal drop panel yaitu ;

$$H_{\text{Drop Panel}} \geq \frac{1}{4} h_{\text{pelat}}$$

$$H_{\text{Drop Panel}} \geq \frac{1}{4} 220 \text{ mm}$$

$$H_{\text{Drop Panel}} \geq 55 \text{ mm} \approx 6 \text{ cm}$$

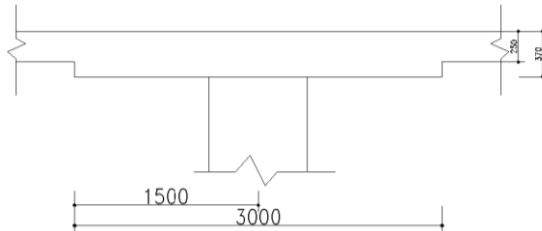
Berdasarkan SNI 03 2847:2013 ps 13.3.7 tebal drop panel tidak boleh melebihi ;

$$H_{\text{Drop Panel}} \leq \frac{1}{4} \text{ jarak tepi kolom ekuivalen ke tepi drop panel}$$

$$H_{\text{Drop Panel}} \leq \frac{1}{4} \left(1500 \text{ mm} - \frac{800 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$H_{\text{Drop Panel}} \leq 275 \text{ mm} \approx 27,5 \text{ cm}$$

Jadi, tebal drop panel yang direncanakan untuk keseluruhan lantai, $h_{\text{drop panel}} = 120 \text{ mm} \approx 12 \text{ cm}$.



Gambar 4. 1 Dimensi Drop Panel

4.2.2.2 Tebal Ekuivalen

Dengan adanya drop panel di sekitar kolom, maka beban per meter persegi pelat lantai didapat berdasarkan

tebal ekivalen (tebal berbobot dengan perbandingan luas (L) :

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{A_{pelat}}{A_{pelat} + A_{drop\ panel}} \times h_{pelat} + \frac{A_{drop\ panel}}{A_{drop\ panel} + A_{pelat}} \times (h_{pelat} \\
 &\quad + h_{drop\ panel}) \\
 h &= \frac{700\ cm \times 745\ cm}{(700\ cm \times 745\ cm) + (150\ cm \times 150\ cm)} \times 25\ cm \\
 &\quad + \frac{150\ cm \times 150\ cm}{(150\ cm \times 150\ cm) + (700\ cm \times 745\ cm)} \times (25\ cm + 12\ cm) \\
 &= 255\ cm
 \end{aligned}$$

4.2.3 Perencanaan Dimensi Balok Tepi dan Perangkai

Dimensi balok yang direncanakan hanya dengan balok tepi (eksterior). Dalam perhitungan dimensinya sesuai dengan SNI 03 2847:2013 tabel 9.5.a , dimana jika persyaratan terpenuhi maka tidak perlu memperhitungkan lendutan.

$$h_{min} = \frac{1}{16} L \text{ untuk } f_y 420 \text{ Mpa}$$

Bila f_y selain 420 Mpa maka nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

4.2.3.1 Balok Tepi

Untuk $L = 7000\ mm$

$$h_{min} = \frac{1}{16} \times 7000\ mm = 437,5\ mm$$

$$\begin{aligned}
 h_{min} &= 437,5\ mm \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \\
 &= 437,5\ mm \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 425\ mm \approx 500\ mm
 \end{aligned}$$

$$b = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} \times 450\ mm = 225\ mm \approx 350\ mm$$

Jadi, direncanakan dimensi balok tepi dengan panjang 7 m yaitu **35x50 cm**

4.2.3.2 Balok Penggantung

Untuk $L = 2200 \text{ mm}$

$$h_{min} = \frac{1}{16} \times 2200 \text{ mm} = 137,5 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} h_{min} &= 137,5 \text{ mm} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \\ &= 137,5 \text{ mm} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 138,5 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b = \frac{1}{2}h = \frac{1}{2} \times 400 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Jadi, direncanakan dimensi balok tepi dengan panjang 2,2 m yaitu **30x40 cm**

4.2.4 Perencanaan Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847-2013 pasal 10.8.4 kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

Direncanakan :

Tebal plat : 250 mm

Dimensi Drop Panel : 300 x 300 x 12 cm

Tinggi lantai 1 : 4,5 m

Tinggi lantai 2 : 3,5 m

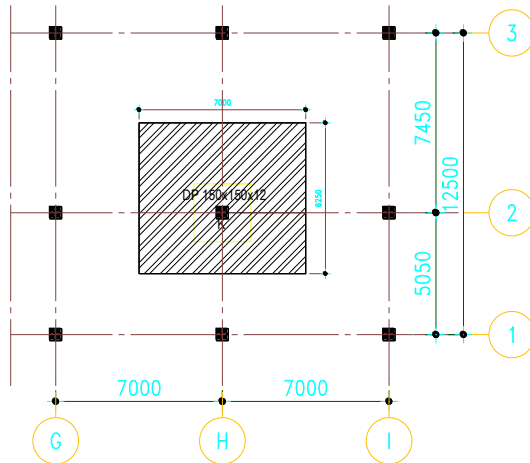
Tinggi lantai 3-13 : 3,1 m

Dimensi plat : 700 x 625 cm

Beban hidup (L_o) : 192 kg/m^2 (SNI 1727-2013)

Luas Tributari (A_T) : $7 \times 6,25 = 43,75 \text{ m}^2$

K_{LL} : 4 (berdasarkan ilustrasi pada SNI 1727-2013 gambar C4)



Gambar 4. 2 Daerah Pembebanan Kolom

4.2.4.1 Beban Mati

Pelat Lantai	=	7	m	x	6,25	m	x	0,25	m	x	2400	kg/m ³	x	13	lantai	=	341250	kg
Drop Panel	=	1,5	m	x	1,5	m	x	0,12	m	x	2400	kg/m ³	x	13	lantai	=	8424	kg
Kolom 3 lt	=	0,9	m	x	0,9	m	x	3,5	m	x	2400	kg/m ³	x	1	lantai	=	6804	kg
Kolom 3 lt	=	0,9	m	x	0,9	m	x	3,1	m	x	2400	kg/m ³	x	2	lantai	=	12052,8	kg
Kolom 5 lt	=	0,8	m	x	0,8	m	x	3,1	m	x	2400	kg/m ³	x	5	lantai	=	23808	kg
Kolom 4 lt	=	0,7	m	x	0,7	m	x	3,1	m	x	2400	kg/m ³	x	4	lantai	=	14582,4	kg
Keramik	=	7	m	x	6,25	m				x	20,5	kg/m ²	x	12	lantai	=	10762,5	kg

Spesi (2cm)	=	7	m	x	6,25	m	x	28,5	kg/m ²	x	12	lantai	=	14962,5	kg	
Bata Ringan L2	=	13,3	m	x	3,5	m	x	60	kg/m ²	x	1	lantai	=	2782,5	kg	
Perekat	=	13,3	m	x	3,5	m	x	5,55	kg/m ²	x	1	lantai	=	257,4	kg	
Plester dinding	=	13,3	m	x	3,5	m	x	38	kg/m ²	x	1	lantai	=	1762,3	kg	
Acian	=	13,3	m	x	3,5	m	x	10,8	kg/m ²	x	1	lantai	=	500,9	kg	
Bata Ringan L3-13	=	20,3	m	x	3,1	m	x	60	kg/m ²	x	11	lantai	=	41431,5	kg	
Perekat	=	20,3	m	x	3,1	m	x	5,55	kg/m ²	x	11	lantai	=	3832,4	kg	
Plester dinding	=	20,3	m	x	3,1	m	x	38	kg/m ²	x	11	lantai	=	26240,0	kg	
Acian	=	20,3	m	x	3,1	m	x	10,8	kg/m ²	x	11	lantai	=	7457,7	kg	
Plumbing	=	7	m	x	6,25	m	x	10	kg/m ²	x	13	lantai	=	5687,5	kg	
Ducting AC	=	7	m	x	6,25	m	x	19	kg/m ²	x	13	lantai	=	10806,3	kg	
Plafond	=	7	m	x	6,25	m	x	17	kg/m ²	x	13	lantai	=	9668,8	kg	
penggantung	=	7	m	x	6,25	m	x	8	kg/m ²	x	13	lantai	=	4550,0	kg	
													DL	=	547623,22	kg

4.2.4.2 Beban Hidup

Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.7 komponen struktur yang memiliki nilai $K_{LL}A_T \geq 37,16 \text{ m}^2$ diijinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 3.10.

$$A_T = 7 \times 6,25 = 43,75 \text{ m}^2$$

$$K_{LL}A_T = 43,75 \times 4 = 175 \text{ m}^2$$

Maka, $175 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2$ (beban hidup boleh direduksi)

1. Reduksi beban hidup plat lantai 1 s/d 12

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \geq 0,4L_o$$

$$L = 192 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{175}} \right) \geq 0,4 \times 192$$

$$L = 114,33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \geq 77 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Jadi total beban hidup plat lantai 1 s/d 12

$$\text{Lantai 1-12} = 114,33 \times 7 \times 6,25 \times 12 = 60022,32 \text{ kg}$$

2. Reduksi beban hidup plat lantai atap

Reduksi beban hidup plat lantai atap (L_r) ditentukan sesuai dengan persamaan 3.11 karena $A_T = 43,75 \text{ m}^2$, maka :

$$R_1 = 1,2 - 0,011 \times 43,75 = 0,72$$

$$R_2 = 1 \quad (F < 4)$$

$$L_r = L_o R_1 R_2 = 96 \times 0,72 \times 1 = 69 \text{ kg/m}^2$$

$$58 \leq L_r \leq 96, \text{ maka } L_r = 69 \text{ kg/m}^2$$

Jadi, total beban hidup plat lantai atap :

$$\text{Lt. Atap} = 69 \text{ kg/m}^2 \times 7 \times 6,25 = 3018,75 \text{ kg}$$

4.2.4.3 Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} Qu &= 1,2\text{DL} + 1,6\text{LL} + 0,5L_r \\ &= 1,2(547623,22\text{kg}) + 1,6(60022,32) + 0,5(3018,75) \\ &= 754692,951 \text{ kg} \end{aligned}$$

Mutu beton (f_c') = 35 MPa

$$\text{Dimensi : } A = \frac{P}{0,3xf'_c} = \frac{754692,951}{0,3 \times 35} = 7187,55$$

mm^2

Dimensi : $h = b$, jadi $A = b \times b = b^2$

$$b = \sqrt{A} = \sqrt{7187,55} = 78,97 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi kolom $80 \times 80 \text{ cm}^2$.

Rekapitulasi Dimensi Kolom

$$\text{Lantai 1 – 4} = 80 \times 80 \text{ cm}^2$$

$$\text{Lantai 5 – 9} = 70 \times 70 \text{ cm}^2$$

$$\text{Lantai 10 – 13} = 60 \times 60 \text{ cm}^2$$

4.2.5 Perencanaan Dimensi Dinding Struktur

Menurut SNI 2847-2013 pasal 14.5.3.(1), ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang lebih pendek, atau kurang dari 100 mm.

Direncanakan :

- Tebal dinding geser = 40 cm
- Panjang bentang : 745 cm
- Tinggi : 42,10 m

$$\begin{aligned} \checkmark \quad 40 \text{ cm} &\geq H/25 \\ 40 \text{ cm} &\geq 450/25 \\ 40 \text{ cm} &\geq 18 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \quad 40 \text{ cm} &\geq L/25 \\ 40 \text{ cm} &\geq 745/25 \\ 40 \text{ cm} &\geq 29,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

- ✓ Tidak boleh kurang dari 100 mm

Jadi, tebal *shearwall* sebesar 40 cm telah memenuhi syarat SNI 2847-2013 Pasal 14.5.3.(1).

4.3 Perhitungan Struktur Sekunder

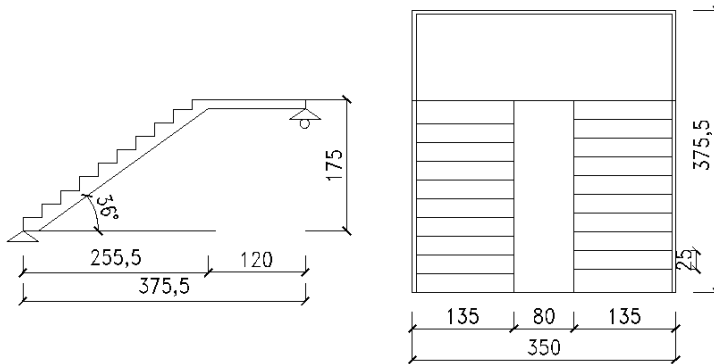
Pada sub bab ini, menjelaskan perhitungan penulangan dari struktur sekunder yang terdiri dari struktur tangga dan struktur lift.

4.3.1 Perencanaan Tangga

Perencanaan struktur tangga dapat mengambil beberapa alternatif, baik itu konstruksi maupun perletakan. Dalam perencanaan tangga ini diasumsikan sebagai frame 2 dimensi yang kemudian dianalisa untuk menentukan gaya-gaya dalamnya dengan perencanaan struktur statis tertentu. Perletakan dapat diasumsikan sebagai sendi-sendi, sendi-jepit, sendi-rol maupun jepit-jepit. Perbedaan asumsi menentukan cara penulangan konstruksi serta pengaruh terhadap struktur secara keseluruhan. Dalam perhitungan ini perletakan diasumsikan sebagai sendi-rol.

4.3.1.1 Data-data perencanaan :

- a. Perletakan Sendi dan Rol pada bagian Bordes
- b. Mutu Beton (f'_c) : 35 Mpa
- c. Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
- d. Panjang Bordes : 350 cm
- e. Lebar tangga : 120 cm
- f. Tebal Pelat miring : 15 cm
- g. Tebal Pelat Bordes : 15 cm
- h. Tebal Selimut Beton: 20 cm
- i. Tinggi injakan (t) : 18 cm
- j. Lebar Injakan (i) : 25 cm



Gambar 4. 3. Denah Tangga

4.3.1.2 Perhitungan pelat tangga

Syarat Perencanaan :

$$60 \leq 2.t + i \leq 65$$

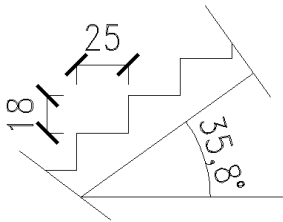
Lebar injakan (i) diambil : 25 cm

Tinggi injakan (t) diambil : 18 cm

$$60 \leq 2.18 + 25 \leq 65$$

$$60 \leq 61 \leq 65 \quad \text{(OKE)}$$

Kemiringan tangga (α) = $\arctan (18/25) = 35,75^\circ$



Gambar 4. 4. Tebal Pelat Tangga

Tebal pelat t angga rata-rata (t_r)

$$t_{rata2} = (i/2) \times \sin \alpha$$

$$= (18/2) \times \sin 35,8 = 5,26 \text{ cm} \approx 6 \text{ c}$$

$$t_{total} = 6 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 21 \text{ cm}$$

4.3.1.3 Pembebanan Pelat Bordes dan Anak Tangga

a. Pembebanan Pelat Anak Tangga

1. Beban Mati (DL)

- Berat Sendiri

$$= 0,21 \times 1, \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1/\sin 35,8 = 838,37 \text{ kg/m}$$

- Keramik $= 20,5 \text{ kg/m}$

- Spesi $= 28,5 \text{ kg/m}$

- Handrailling $= 10 \text{ kg/m+}$

$$\text{DL} = 897,37 \text{ kg/m}$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban Hidup pada tangga} = 488,3 \text{ kg/m}^2$$

3. Beban Ultimate (Qult)

$$\text{Qult} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= (1,2 \times 897,37) \text{ kg/m}^2 + (1,6 \times 488,3) \text{ kg/m}^2$$

$$= 1858,09 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$= 1858,09 \text{ kg/m}$$

b. Pembebanan Pelat Bordes

1. Beban Mati (DL)

- Berat Sendiri $= 0,15 \times 1 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 630 \text{ kg/m}$

- Keramik $= 20,5 \text{ kg/m}$

- Spesi $= 28,5 \text{ kg/m}$

- Handrailling $= 10 \text{ kg/m+}$

$$\text{DL} = 689 \text{ kg/m}$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban Hidup pada tangga} = 488,3 \text{ kg/m}^2$$

3. Beban Ultimate (Qult)

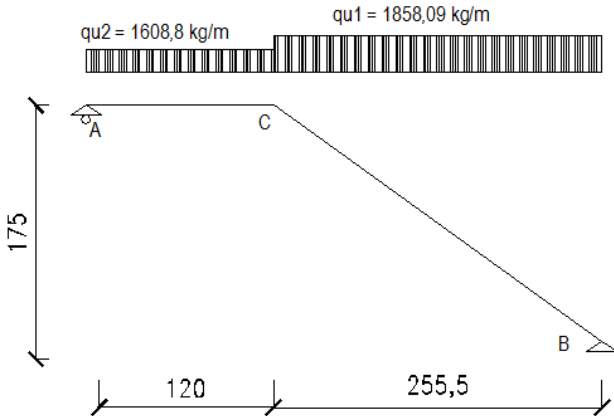
$$\text{Qult} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times 689 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \times 488,3 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1608,8 \text{ kg/m}$$

4.3.1.4 Analisa Struktur Tangga

Pada proses analisa struktur tangga ini, menggunakan perhitungan statis tak tentu dengan menggunakan perletakan sendi rol, dimana pembebanan tangga dan output seperti Gambar 4.5 :



Gambar 4. 5. Beban Pada Tangga

1. Reaksi Perletakan

$$\checkmark \Sigma M_b = 0$$

$$R_a \cdot 3,755 - \left[(q_2 \times 1,2) \times \left(\frac{1,2}{2} + 2,555 \right) \right] - \left[(q_1 \times 2,555) \times \left(\frac{2,555}{2} \right) \right] = 0$$

$$R_a \cdot 3,755 - \left[(1608,08 \times 1,2) \times \left(\frac{1,2}{2} + 2,555 \right) \right] - \left[(1858,09 \times 2,555) \times \left(\frac{2,555}{2} \right) \right] = 0$$

$$R_a = \frac{6088,19 + 6065}{3,755}$$

$$R_a = 3236,6 \text{ kg (} \uparrow \text{)}$$

$$\checkmark \Sigma M_a = 0$$

$$-R_b \cdot 3,755 + \left[(q_2 \times 1,2) \times \left(\frac{1,2}{2} \right) \right] + \left[(q_1 \times 2,555) \times \left(\frac{2,555}{2} + 1,2 \right) \right] = 0$$

$$-R_b \cdot 3,755 + \left[(1608,08 \times 1,2) \times \left(\frac{1,2}{2} \right) \right] + \left[(1858,09 \times 2,555) \times \left(\frac{2,555}{2} + 1,2 \right) \right] = 0$$

$$R_b = \frac{1157,82 + 11761,725}{3,755}$$

$$R_b = 3440,6 \text{ kg (}\uparrow\text{)}$$

✓ **Kontrol :**

$$\Sigma V = 0$$

$$(1858,09 \text{ kg} \times 2,555 \text{ m}) - (1608,08 \text{ kg} \times 1,2 \text{ m}) - 3236,6 \text{ kg} + 3440,6 \text{ kg} = 0$$

2. Perhitungan Gaya Lintang (D)

Potongan X_1

$$D_{x_1} = R_a - q_2 \cdot x_1 = 3236,6 \text{ kg} - (1608,08 \text{ kg/m} \cdot x_1)$$

Untuk $x_1 = 0 \text{ m}$ $D_A = 3236,6 \text{ kg}$

$$x_1 = 1,2 \text{ m} \quad D_c = 3236,6 \text{ kg} - (1608,08 \text{ kg/m} \cdot 1,2 \text{ m}) \\ = 1306,8 \text{ kg}$$

Potongan X_2

$$D_{x_2} = R_b \cos \alpha + q_1 \cdot x_2 \cos \alpha = -3440,6 \text{ kg} \cos 35,6^\circ + (1858,09 \text{ kg/m} \cdot x_2 \cos 35,6^\circ)$$

Untuk $x_2 = 0 \text{ m}$ $D_b = 2790,55 \text{ kg}$

$$x_2 = 2,55 \text{ m} \quad D_c = -1956,85 \text{ kg}$$

3. Perhitungan Gaya Momen (M)

Potongan X_1

$$M_{x_1} = R_a x_1 - q_2 \cdot x_1 \cdot \frac{1}{2} x_1 = 3236,6 \text{ kg} \cdot x_1 - (1608,08 \text{ kg/m} \cdot x_1 \cdot \frac{1}{2} x_1)$$

Untuk

$$x_1 = 0 \text{ m} \quad M_A = 0$$

$$x_1 = 1,2 \text{ m} \quad M_c = 3236,6 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m} - (1608,08 \text{ kg/m} \cdot 1,2 \text{ m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,2 \text{ m}) = 2725,5 \text{ kg.m}$$

Potongan X_2

$$M_{x_2} = R_b \cdot x_2 - q_1 \cdot x_2 \cdot \frac{1}{2} x_2 = 3440,6 \text{ kg} \cdot x_2 - (1858,09 \text{ kg/m} \cdot x_2 \cdot \frac{1}{2} x_2)$$

Untuk

$$x_2 = 0 \text{ m} \quad M_b = 0$$

$$x_2 = 2,55 \text{ m} \quad M_c = 3440,6 \text{ kg} \cdot 2,555 \text{ m} - (1858,09 \text{ kg/m} \cdot 2,555 \text{ m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,555 \text{ m}) = 2725,8 \text{ kg.m}$$

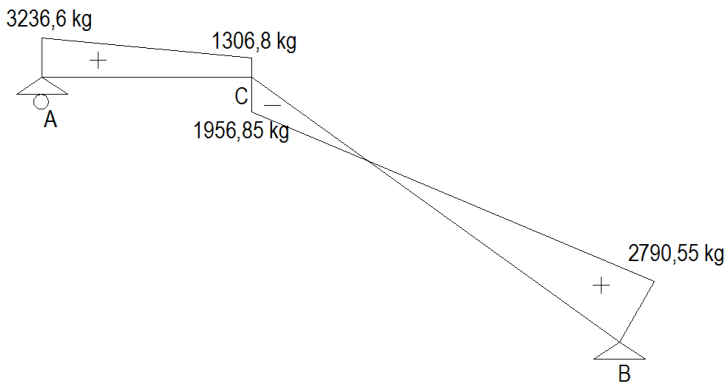
Momen Maksimum terjadi pada Tangga

$$D_{x_2} = -R_b + (q_1 \cdot x_2) = 0$$

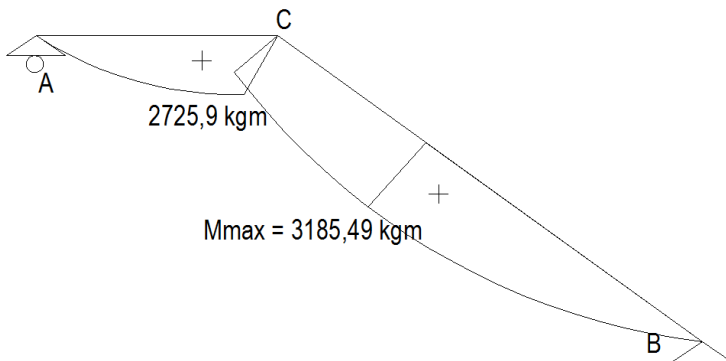
$$D_{x_2} = -3440,6 \text{ kg} + (1858,09 \text{ kg/m} \cdot x_2) = 0$$

$$x_2 = \frac{33440,6 \text{ kg}}{1858,09 \text{ kg/m}} = 1,852 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_b \cdot x_2 - q_1 \cdot x_2 \cdot \frac{1}{2} x_2 \\ &= 3340,6 \text{ kg} \cdot 1,852 \text{ m} - (1858,09 \text{ kg/m} \cdot 1,852 \text{ m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,852 \text{ m}) \\ &= 3185,49 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 4. 6. Bidang Lintang (D) pada tangga



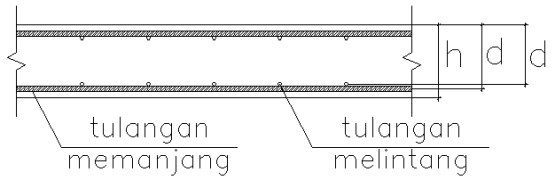
Gambar 4. 7. Bidang Momen (M) pada tangga

4.3.1.5 Perhitungan Penulangan Tangga

4.3.1.5.1 Penulangan Pelat Tangga

Data Perencanaan :

- M_u = 3185,49 kg.m = 31854900 Nmm
- Tebal pelat tangga = 150 mm
- Tebal decking = 20 mm
- Dia. tulangan rencana = 13 mm
- Dia tulangan susut = 10 mm
- Mutu tul. baja (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f'_c) = 35 Mpa
- β_1 = 0,8



Gambar 4. 8. Tinggi Efektif Pelat Tangga

$$\begin{aligned}
 d &= \text{tebal pelat} - \text{cover} - \frac{1}{2} \text{ tulangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 13 \text{ mm} \\
 &= 123,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penulangan arah memanjang

$\phi = 0,9$ diasumsikan dahulu

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{31854900 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} = 2,32 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,006$$

Dipakai $\rho_{\text{pakai}} = 0,006$

Luas Tulangan

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \text{ perlu} \times 1000 \times d_x \\
 &= 0,006 \times 1000 \times 123,5 \\
 &= 746,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13 mm ($A_{D13} = 132,7 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times 132,7}{746,8} = 177,72 \text{ mm}$$

Syarat: $s \leq 3h_f$ atau 450 mm (SNI2847:2013 Ps.7.6.5)

$$s \leq 3(150) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 450 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi pakai $s = 150 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1000 \times 132,7}{150} = 884,67 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$

$$: 746,8 \text{ mm}^2 < 884,67 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- Kontrol Regangan :

- Kontrol kondisi penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{884,67 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 10,04 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 - (0,05 \times (f'_c - 28) / 7)$$

$$= 0,85 - (0,05 \times (35 - 28) / 7) = 0,80$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10,042}{0,80} = 12,55 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$c = 0,375 \text{ dt } \geq c = 12,55$$

$$= 46,31 > 12,55 \rightarrow \text{terkendali tarik}$$

- Cek Syarat kebutuhan tulangan minimum :
Mutu tulangan $f_y = 400 \text{ Mpa}$, paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang sebesar 0,0018
 $\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,006 \text{ (OK)}$

Jadi, dipakai tulangan arah memanjang D13-150 mm

✓ **Penulangan arah melintang**

Tulangan arah melintang merupakan tulangan susut atau tulangan bagi struktur tangga. Dengan ρ_{susut} untuk mutu tulangan 400 MPa adalah 0,0018

$$\begin{aligned} d' &= \text{tebal pelat} - \text{cover} - \text{tulangan utama} - \frac{1}{2} \text{tul. susut} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm} \\ &= 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_h} &= \rho b d' = 0,0018 \times 1000 \times 112 = 201,6 \text{ mm}^2 \\ \text{Digunakan tulangan D10 mm (A D10} &= 78,54 \text{ mm}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{1000 \times A_{\text{D10}}}{A_{s_h}} \\ &= \frac{1000 \times 78,54}{201,6} = 389,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat: $s \leq 5 \text{ h atau } 450 \text{ mm}$

Syarat: $s \leq 5(120) \text{ atau } 450 \text{ mm}$

Syarat: $s \leq 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$

Jadi, dipakai tulangan arah memanjang = D10-200 mm

- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak :
(SNI 2847:2013 ps. 10.6.4)

$$C_c = d + dtul = 20 + 13 = 33 \text{ mm}$$

$$F_s = \frac{2}{3} \times f_y = \frac{2}{3} 400 \text{ Mpa} = 267 \text{ Mpa}$$

Maka,

$$\begin{aligned} S &= 380 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - [2,5 \times C_c] \\ &= 380 \times \left(\frac{280}{267} \right) - [2,5 \times 33] = 316 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Dan tidak lebih dari ,

$$S = 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \times \left(\frac{280}{267} \right) = 314 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

(OK)

• Cek Lendutan :

$$\delta_{ijin} = L/360 = 255,5/360 = 0,71 \text{ cm}$$

$$q_{ijin} = DL + LL$$

$$= 897,37 \text{ kg/m}^2 + 488,3 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1385,67 \text{ kg/m}^2 \approx 13,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_a = 2367.77 \text{ kgm} \approx 236777 \text{ kgcm}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \sqrt{35}$$

$$= 27805,57 \text{ N/mm}^2 \approx 278055,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_g = 1/12 b h^3 = 1/12 \times 100 \text{ cm} \times 15^3 = 28125 \text{ cm}^4$$

$$\lambda = 1 \quad (\text{SNI 2847:2012 ps. 8.6.1})$$

$$f_r = 0.062 \times \lambda \times \sqrt{f_c}$$

$$= 0.062 \times 1 \times \sqrt{35} = 0,368$$

$$y_t = 1/2 t = 1/2 \times 15 \text{ cm} = 7,5 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t} = \frac{0,368 \times 28125}{7,5} = 1375,49 \text{ kgcm}$$

$$I_{cr} = \left(\frac{1}{3} \times b \times y_t^3 \right) + (A_{s_{pasang}} \times y_t^2)$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 7,5^3 \right) + (8,85 \times 7,5^2) = 14560,31 \text{ cm}^4$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right) \times I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] \times I_{cr}$$

$$= \left(\frac{1375,49}{236777} \right) \times 28125 + \left[1 - \left(\frac{1375,49}{236777} \right)^3 \right] \times 14560,32$$

$$= 14729,51 \text{ cm}^4$$

$$\delta = \left(\frac{5}{384} \right) \times \left(\frac{q_{ijin} \times L^4}{EI} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \right) \times \left(\frac{13,86 \times 255,5^4}{278055,7 \times 14729,51} \right) = 0,187 \text{ cm}$$

Syarat,

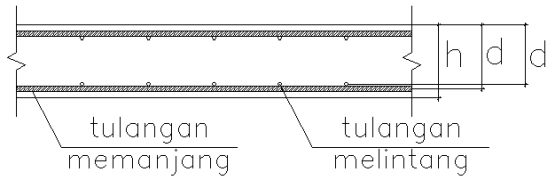
$$\delta < \delta_{ijin}$$

$$0,187 \text{ cm} < 0,71 \text{ cm} \quad \textbf{(OK)}$$

4.3.1.5.2 Penulangan Pelat Bordes

Data Perencanaan :

- $M_u = 2725,9 \text{ kg.m} = 27259511,93 \text{ Nmm}$
- Tebal pelat bordes = 150 mm
- Tebal decking = 20 mm
- Dia. tulangan rencana = 13 mm
- Dia tulangan susut = 10 mm
- Mutu tulangan baja (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f'_c) = 350 Mpa
- $\beta_1 = 0,8$



Gambar 4. 9. Tinggi Efektif Pelat Tangga

$$\begin{aligned}
 d &= \text{tebal pelat} - \text{cover} - \text{tul} - \frac{1}{2} \text{ tulangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm} \\
 &= 123,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

✓ Penulangan arah memanjang

$\phi = 0,9$ diasumsikan dahulu

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{27259511,93 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \times 123,5^2} \\
 &= 1,99 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,005$$

Dipakai $\rho_{\text{pakai}} = 0,005$

• Luas Tulangan

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \text{ pakai} \times 1000 \times dx \\ &= 0,005 \times 1000 \times 123,5 \\ &= 635,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13 mm ($AD13 = 132,7 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times 132,7}{635,1} = 209 \text{ mm}$$

Syarat: $s \leq 3h$ atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps.7.6.5)

$$s \leq 3(150) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 450 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi pakai $s = 150 \text{ mm}$

$$As \text{ pakai} = \frac{1000 \times 132,7}{150} = 884,88 \text{ mm}^2$$

Cek : $As \text{ perlu} < As \text{ pakai}$

$$: 635,1 \text{ mm}^2 < 884,88 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

• Kontrol Regangan :

- Kontrol kondisi penampang

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{884,88 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 10,04 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 - (0,05 \times (f'_c - 28) / 7)$$

$$= 0,85 - (0,05 \times (35 - 28) / 7) = 0,80$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10,042}{0,80} = 12,55 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$c = 0,375 \text{ dt} \geq c = 12,55$$

$$= 46,31 > 12,55 \rightarrow \text{terkendali tarik}$$

- Cek Syarat kebutuhan tulangan minimum :

Mutu tulangan $f_y = 400$ Mpa, paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang sebesar 0,0018

$$\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,005 \text{ (OK)}$$

Jadi, dipakai tulangan arah memanjang d13-150mm

✓ Penulangan arah melintang

Tulangan arah melintang merupakan tulangan susut atau tulangan bagi struktur tangga. Dengan ρ_{susut} untuk mutu tulangan 400 MPa adalah 0,0018

$$\begin{aligned} d' &= \text{tebal pelat} - \text{cover} - \text{tulangan utama} - \frac{1}{2} \text{tul. susut} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm} \\ &= 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_{s_h} = \rho b d' = 0,0018 \times 1000 \times 112 = 201,6 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10 mm ($A_{D10} = 78,54 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{1000 \times A_{D10}}{A_{s_h}} \\ &= \frac{1000 \times 78,54}{201,6} = 289,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat: $s \leq 5 \text{ h atau } 450 \text{ mm}$

Syarat: $s \leq 5(120) \text{ atau } 450 \text{ mm}$

Syarat: $s \leq 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$

Jadi, dipakai tulangan arah memanjang = D10-200 mm

- Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak :

(SNI 2847:2013 ps. 10.6.4)

$$\begin{aligned} C_c &= d + d_{\text{tul}} \\ &= 20 + 13 = 33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{2}{3} \times f_y \\ &= \frac{2}{3} 400 \text{ Mpa} = 267 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} S &= 380 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - [2,5 \times C_c] \\ &= 380 \times \left(\frac{280}{267} \right) - [2,5 \times 33] = 316 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Dan tidak lebih dari ,

$$S = 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \times \left(\frac{280}{267} \right) = 314 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

• Cek Lendutan :

$$\delta_{ijin} = L/360 = 120/360 = 0,33 \text{ cm}$$

$$q_{ijin} = DL + LL$$

$$= 689 \text{ kg/m}^2 + 488,3 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1177,3 \text{ kg/m}^2 \approx 11,77 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_a = 2022,12 \text{ kgm} \approx 202212$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \sqrt{35}$$

$$= 27805,57 \text{ N/mm}^2 \approx 278055,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_g = 1/12 b h^3 = 1/12 \times 100 \text{ cm} \times 15^3 = 28125 \text{ cm}^4$$

$$\lambda = 1 \quad (\text{SNI 2847:2012 ps. 8.6.1})$$

$$f_r = 0.062 \times \lambda \times \sqrt{f_c}$$

$$= 0.062 \times 1 \times \sqrt{35} = 0,368$$

$$y_t = 1/2 t = 1/2 \times 15 \text{ cm} = 7,5 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t} = \frac{0,368 \times 28125}{7,5} = 1375,49 \text{ kgcm}$$

$$I_{cr} = \left(\frac{1}{3} \times b \times y_t^3 \right) + (A s_{pasang} \times y_t^2)$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 7,5^3 \right) + (8,85 \times 7,5^2) = 14560,31 \text{ cm}^4$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right) \times I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] \times I_{cr}$$

$$= \left(\frac{1375,49}{202212} \right) \times 28125 + \left[1 - \left(\frac{1375,49}{202212} \right)^3 \right] \times 14560,32$$

$$= 14758,43 \text{ cm}^4$$

$$\delta = \left(\frac{5}{384} \right) \times \left(\frac{q_{ijin} \times L^4}{EI} \right)$$

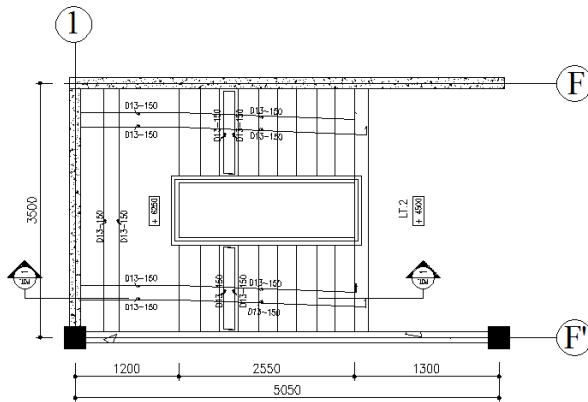
$$= \left(\frac{5}{384} \right) \times \left(\frac{11,77 \times 120^4}{278055,7 \times 14758,43} \right) = 0,007 \text{ cm}$$

Syarat,

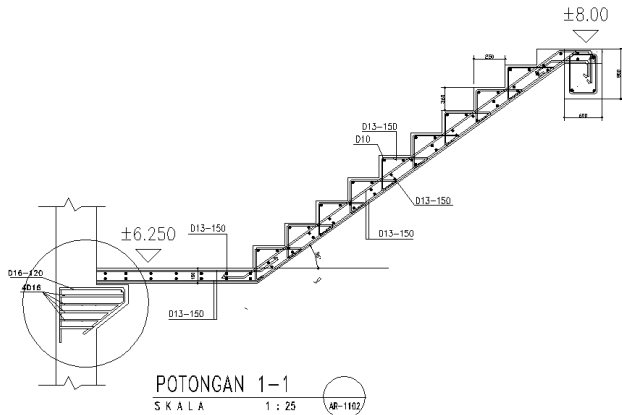
$$\delta < \delta_{ijin}$$

$$0,007 \text{ cm} < 0,71 \text{ cm (OK)}$$

Sket detail penulangan Tangga :



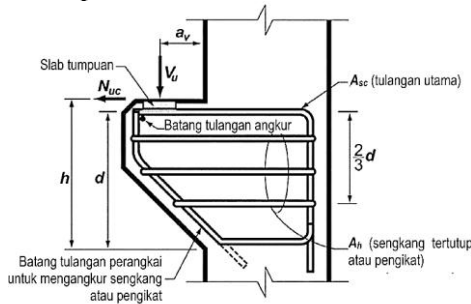
Gambar 4. 10. Penulangan Tangga



Gambar 4. 11. Penulangan Potongan Tangga

4.3.2 Perencanaan Konsol

Perencanaan konsol mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 4.12 :



Gambar 4. 12. Geometrik Konsol Pendek

Ketentuan SNI 2847:2013 pasal 11.8 tentang perencanaan konsol pendek yang diatur sebagai berikut :

1. Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi a_v/d tidak lebih besar dari satu, dan dikenai gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc} , tidak lebih besar daripada V_u . Tinggi efektif d harus ditentukan di muka tumpuan
2. Tinggi di tepi luar luas tumpuan tidak boleh kurang dari $0,5d$
3. Penampang di muka tumpuan harus didesain untuk menahan secara bersamaan V_u suatu momen terfaktor $V_{ua} + N_{uc}(h-d)$, dan gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc}
 - 1) Dalam semua perhitungan desain yang sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8, ϕ harus diambil sama dengan 0,75
 - 2) Desain tulangan geser-friksi A_{vf} untuk menahan V_u harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.6:

- a) Untuk beton berat normal, V_n tidak boleh melebihi yang terkecil dari $0,2f'_c b_w d$, $(3,3+0,08f'_c)b_w d$, dan $11 b_w d$.
 - b) Untuk beton ringan atau ringan pasir, V_n tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari $\left(0,2 - 0,07 \frac{a}{d}\right) f'_c b_w d$ dan $\left(5,5 - 1,9 \frac{a}{d}\right) b_w d$
 - c) Tulangan A_f untuk menahan terfaktor
 - a. $[V_u a_v + N_{uc}(h - d)]$ harus dihitung menurut SNI 2847:2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3
 - d) Tulangan A_n untuk menahan gaya Tarik terfaktor N_{uc} harus ditentukan dari $\phi A_n f_y \geq N_{uc}$. Gaya tarik terfaktor, N_{uc} tidak boleh diambil kurang dari $0,2V_u$ kecuali bila ketentuan dibuat untuk menghindari gaya Tarik.
 - e) Luas tulangan Tarik utama A_{sc} tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari $(A_f + A_n)$ dan $\left(\frac{2A_{vf}}{3} + A_n\right)$
4. Luas total A_h , sengkang tertutup atau pengikat parallel terhadap tulangan Tarik utama tidak boleh kurang dari $0,5(A_{sc} - A_n)$, Distribusikan A_h secara merata dalam $(2/3)d$ bersebelahan dengan tulangan tarik utama
 5. $\frac{A_{sc}}{b d}$ tidak boleh kurang dari $0,04 \frac{f'_c}{f_y}$
 6. Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama A_s harus diangkur dengan salah satu dari berikut :
 - (a) Dengan las struktur pada batang tulangan transversal dengan sedikit berukuran sama; las didesain untuk mengembangkan f_y tulangan Tarik utama
 - (b) Dengan pembengkokan tulangan tarik utama menjadi bentuk tertutup horizontal atau
 - (c) Dengan suatu cara pengangkurkan baik lainnya
 7. Luas tumpuan pada konsol pendek tidak boleh menonjol melampaui bagian lurus batang tulangan tarik utama A_s , ataupun menonjol melampaui muka dalam dari batang

tulangan angkur transversal (bila batang tulangan tersebut disediakan)

4.3.2.1 Perhitungan Konsol pada Shearwall

Data perencanaan

- $b_w = 350 \text{ mm}$
- $h = 450 \text{ mm}$
- $d = 450 - 40 - 16 = 394 \text{ mm}$
- $f_c' = 35 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- $a_v = 200 \text{ mm}$

Pembebanan pada balok konsol yang dirancang menerima beban pelat bordes diatasnya akibat perletakan tangga.

Berat Sendiri : $0,35 \text{ m} \times 0,45 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 378 \text{ kg/m}$

Ultimate = $1,2 \text{ qD} = 1,2 \times 378 \text{ kg/m} = 453,6 \text{ kg/m}$

Beban Pelat Bordes : $= 1608,08 \text{ kg/m} +$

Qu = 2061,68 kg/m

Analisa Gaya dalam

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_d \times l = \frac{1}{2} \times 1953,68 \times 3,5 = 3607,94 \text{ kg}$$

Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut :

$$\blacksquare a_v/d = 200 / 394 = 0,508 < 1 \dots \text{OK}$$

$$\blacksquare N_{uc} \leq V_u$$

$$N_{uc} = 0,2 \times 36079,4 \text{ N}$$

$$= 7215,88 \text{ N} \leq 38599,4 \text{ N} \dots \text{OK}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser. V_n untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{36079,4}{0,75} = 48105,867 \text{ N}$$

Menentukan luas tulangan geser friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada :

$$0,2 f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 35 \text{ Mpa} \times 450 \text{ mm} \times 394 \text{ mm} \\ = 1206625 \text{ N} > V_n \quad \text{OK}$$

$$11 \times b_w \times d = 11 \times 450 \text{ mm} \times 394 \text{ mm} \\ = 1516900 \text{ N} > V_n \quad \text{OK}$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{48105,87}{400 \times 1,4} = 85,9 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan lentur :

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi- rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan N_{uc} minimum.

$$M_u = V_u \times a_v + N_{uc} (h-d) \\ = (36079,4 \text{ N} \times 200 \text{ mm}) + (7215,88 \text{ N} (450-394)) \\ = 7619969,3 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

Diasumsikan $\theta = 0,9$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d \times x^2} = \frac{7619969,3}{0,9 \times 1000 \times 394^2} = 0,055$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,055}{400}} \right) = 0,00014$$

Cek kebutuhan ρ_{\min} ,

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$\rho = 0,00014 < \rho_{\min} = 0,0037$, maka dipakai $\rho = 0,0037$
(Menentukan)

$$A_f = \rho \times b \times d$$

$$A_f = 0,0037 \times 1000 \times 394$$

$$A_f = 1456,834 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_f = 1456,834 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok A_s :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{1456,834}{0,75 \times 400} = 24,05 \text{ mm}^2$$

Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_s = A_f + A_n = 1456,834 + 24,05 = 1480,89 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 \times 85,9}{3} \right) + 24,053 = 81,32 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b \times d = 0,04 \left(\frac{35}{400} \right) 450 \times 394 = 482,65 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 508,383 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$N_{\text{tul}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\text{tul}}}} = \frac{1480,89 \text{ mm}^2}{201,1 \text{ mm}^2} = 7,365 \approx 8 \text{ buah}$$

$$S_{\text{tul}} = \frac{1000}{n-1} = \frac{1000}{8-1} = 124 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

Cek ;

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\ 8 \times 201,1 \text{ mm}^2 &> 1480,89 \text{ mm}^2 \\ 1608,5 \text{ mm}^2 &> 1480,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan sengkang tertutup :

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4

$$\begin{aligned} A_h &= 0,5 (A_s - A_n) \\ &= 0,5 (1456,834 - 24,05) \\ &= 728,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

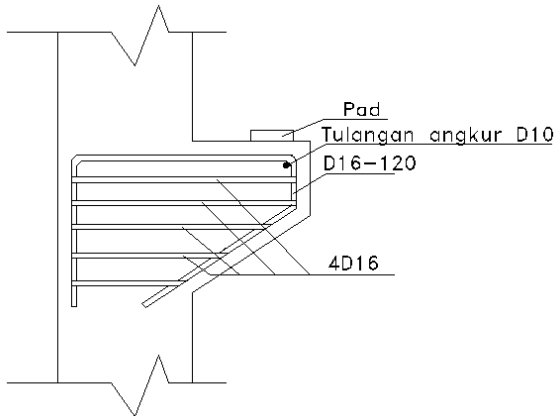
$$N_{tul} = \frac{A_{spertu}}{A_{stul}} = \frac{728,42 \text{ mm}^2}{201,1 \text{ mm}^2} = 3,6 \approx 4 \text{ buah}$$

dipakai tulangan 6D16 ($A_s = 804,25 \text{ mm}^2$)

Dipasang sepanjang $(2/3)d = 262,7 = 260 \text{ mm}$

S sengkang :

$$\frac{262,7 \text{ mm}}{4} = 65,67 \text{ mm} \approx 65 \text{ mm}$$



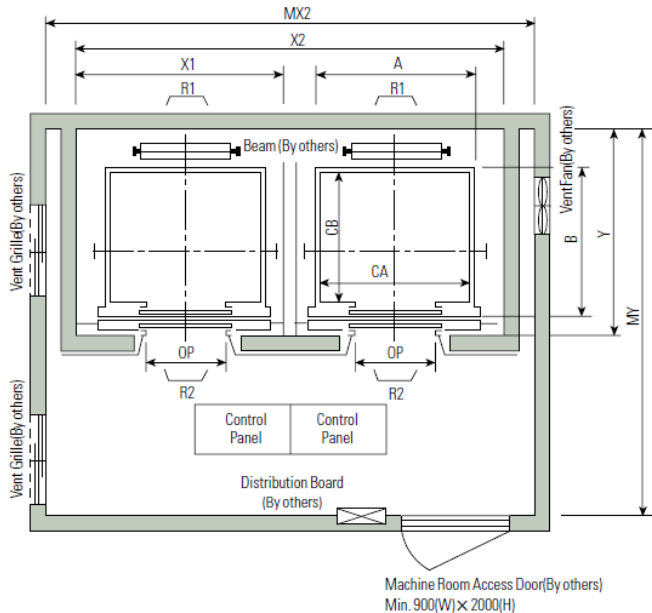
Gambar 4. 13. Detail Penulangan Konsol

4.3.3 Perencanaan Lift

4.5.1.1 Data Perencanaan

Pada perancangan lift ini meliputi balok – balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift. Untuk lift pada bangunan ini menggunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Hyundai seperti diperlihatkan pada gambar dengan data – data sebagai berikut :

- Tipe lift : Passenger
- Merk : Hyundai
- Kapasitas : 17 orang/67,6kg
- Lebar pintu (opening width) : 1000 mm
- Dimensi ruang luncur (hoistway) : 4500x2200 mm²
- Dimensi sangkar (car size)
 - Inside : 1800x1700 mm²
 - Outside : 1900 x 1870 mm²
- Dimensi ruang mesin : 2650 x 4500 mm²
- Beban reaksi ruang mesin
 - $R_1 = 13080 \text{ kg}$ (berat mesin penggerak lift + beban kereta + perlengkapan)
 - $R_2 = 7150 \text{ kg}$ (berat bandul pemberat +perlengkapan)



Gambar 4. 14. Penampang Lift

Data desain balok lift :

- Mutu beton ($f'c$) = 35 Mpa $\rightarrow \beta_1=0,8$
- Tinggi balok (h) = 400 mm
- Lebar Balok (b) = 300 mm
- Selimut Beton = 40 mm
- Diameter Tul. Lentur (\emptyset) = 19 mm
- Diameter Tul. Sengkang (\emptyset) = 10 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa

4.5.1.2 Pembebanan Balok Lift

Berdasarkan SNI 1727-2012 Ps 4.6.3 dimana beban impak akibat mesin, maka beban harus dikalikan sebesar 20%. Dan menurut SNI 1712;2012 tabel 4.1 beban merata untuk akses pemeliharaan sebesar $1,92 \text{ kN/m}^2 \approx 195,75 \text{ kg/m}^2$

- Akibat Reaksi Mesin

$$R1 = 13080 \text{ kg} \quad R2 = 7150 \text{ kg}$$

Karena reaksi yang menentukan adalah $R1$, maka balok yang ditinjau adalah balok yang menerima reaksi $R1$

$$P = (1+0,2) \times 13080 \text{ kg} = 15696 \text{ kg} \approx 15,7 \text{ Ton}$$

- Beban Pelat Lantai

$$\begin{aligned} q_{\text{pelat}} &= 2,4 \text{ kN/m}^2 \times 0,1 \text{ m} \times 0,675 \text{ m} \\ &= 162 \text{ kg/m} \approx 0,162 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

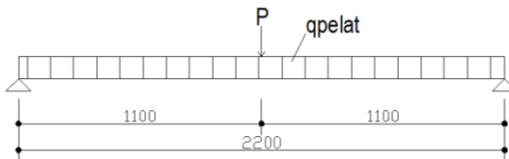
- Beban Sendiri Balok

$$\begin{aligned} q_{\text{balok}} &= 24 \text{ kN/m}^2 \times 0,3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \\ &= 2,88 \text{ kN/m}^2 \approx 0,288 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

- Beban hidup Pelat

$$\begin{aligned} q_{\text{pelat}} &= 1,92 \text{ kN/m}^2 \times 0,1 \text{ m} \times 0,675 \text{ m} \\ &= 13,75 \text{ kg/m} \approx 0,14 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

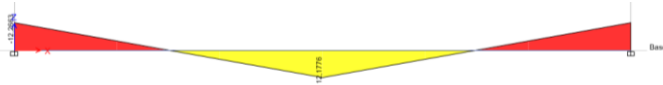
Ilustrasi pembebanan balok lift dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut :



Gambar 4. 15. Ilustrasi Pembebanan Balok Lift

4.5.1.3 Analisis Gaya Dalam Balok Lift

Balok lift yang tertumpu jepit pada kedua tumpuannya menjadikan balok tersebut tergolong mekanika statis tak tentu, sehingga penyelesaian analisis gaya dalamnya tidak dapat diselesaikan secara sederhana. Oleh karena itu, dalam mencari gaya dalam balok lift digunakan program bantu analisis sehingga didapatkan gaya dalam seperti pada Gambar 4.16 untuk momen dan Gambar 4.17 untuk gaya geser.



Gambar 4. 16. Momen Balok Lift Kombinasi 1,4D (tonm)



Gambar 4. 17. Geser Balok Lift Kombinasi 1,4 D (ton)

Didapatkan dari Output ETABS 15.0 yang menentukan adalah gaya akibat kombinasi 1,4D ;

Mu tumpuan = 12,27 Tonm

Mu lapangan = 12,18 Tonm

V_u = 22,46 Ton

4.5.1.4 Desain Tulangan Lentur Balok Lift

Direncanakan :

Mutu Beton

F_c = 35 Mpa

B_J = 2400 kg/m³

β = 0,8

Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa

Dia. Tul. Lentur = 19 mm

Dia. Tul. Geser = 10 mm

Tinggi Manfaat Rencana :

- $d = h - \text{decking} - \text{Sengkang} - (\frac{1}{2} \phi_{\text{lentur}})$
 $= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 19 \text{ mm})$
 $= 340,5 \text{ mm}$
- $d' = \text{decking} + \text{Sengkang} + (\frac{1}{2} \phi_{\text{lentur}})$
 $= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \times 19 \text{ mm}) = 59,5 \text{ mm}$

Perhitungan Daerah Tumpuan

$$Mu = 122\,700\,000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Diasumsikan } \phi = 0,9$$

$$Rn = \frac{Mn}{\phi b x d^2} = \frac{122\,700\,000}{0,9 \times 300 \times 340,5^2} = 3,92$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 3,92}{400}} \right) = 0,0105 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{fc'}{fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= 0,85 \times 0,8 \times \left(\frac{35}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0379 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}, \text{ maka ;}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,0105$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{tarik}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0105 \times 300 \times 340,5 = 1077,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi Penampang

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{1077,4 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}} = 48,29$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{48,29}{0,8} = 60,36$$

$$\text{sehingga , } c = 60,36 \text{ mm} \leq 0,375d = 127,7 \text{ mm (ok)}$$

Menentukan Kebutuhan tulangan terpasang :

$$As \leq \frac{Mu}{\phi \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

$$As \leq \frac{122\,700\,000}{0,9 \times 400 \times \left(340,6 - \frac{48,29}{2} \right)} = 1077,4 \text{ mm}^2$$

Cek Syarat Kebutuhan tulangan minimum :

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} \times b_w \times d$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} \times 300 \times 340,5 = 377,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1,4}{400} \times 300 \times 340,5 = 357,5 \text{ mm}^2$$

Jadi, $A_{s_{\text{perlu}}} \geq A_{s_{\min}}$
 $1077,4 \text{ mm}^2 \geq 377,7 \text{ mm}^2$

Maka, $A_{s_{\text{pakai}}}$ adalah $A_s = 1077,4 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan ;

- Jumlah tulangan lentur terpasang

$$N_{\text{tul.}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\text{tul.}}}} = \frac{1077,4}{283,5} = 3,8 = 4 \text{ buah}$$

- $S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$
 $S_{\text{maks}} = \frac{300 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{3 - 1}$
 $= 41,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OK)}$

Maka tulangan lentur dipasang 1 lapis dengan jumlah tulangan 4 D19

Perhitungan Daerah Lapangan

$$M_u = 121\,800\,000 \text{ Nmm}$$

Diasumsikan $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{121\,800\,000}{0,9 \times 300 \times 340,5^2} = 3,89$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 3,89}{400}} \right) = 0,0105$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \times 0,8 \times \left(\frac{35}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0379
 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, maka ;

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,0105$$

$$A_{s_{\text{tarik}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0105 \times 300 \times 340,5 = 1068,8 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kondisi Penampang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1068,8 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}} = 47,9$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{48,29}{0,8} = 59,88$$

sehingga , $c = 59,88 \text{ mm} \leq 0,375d = 127,7 \text{ mm}$ (ok)

Menentukan Kebutuhan tulangan terpasang :

$$A_s \leq \frac{M_u}{\phi \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

$$A_s \leq \frac{121\,800\,000}{0,9 \times 400 \times \left(340,5 - \frac{47,9}{2} \right)} = 1068,8 \text{ mm}^2$$

Cek Syarat Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} \times 300 \times 340,5 = 377,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{1,4}{400} \times 300 \times 340,5 = 357,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi, $A_{s_{\text{perlu}}} \geq A_{s_{\min}}$

$$1068,8 \text{ mm}^2 \geq 377,7 \text{ mm}^2$$

Maka, $A_{s_{\text{pakai}}}$ adalah $A_s = 1068,8 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan ;

- Jumlah tulangan lentur terpasang

$$N_{tul.} = \frac{As_{perlu}}{As_{tul.}} = \frac{1077,4}{283,5} = 3,8 = 4 \text{ buah}$$

- $$S_{maks} = \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \times D_{lentur})}{jumlah \text{ tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{3 - 1}$$

$$= 41,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OK)}$$

Maka tulangan lentur dipasang 1 lapis dengan jumlah tulangan 4 D19

4.5.1.5 Desain Tulangan Geser

Direncanakan Tulangan geser 2 kaki ϕ 10 ($As = 157,1 \text{ mm}^2$)

$$V_u = 22460 \text{ kg}$$

$$V_u' = V_u \text{ sejarak } d (340,5 \text{ mm}) = 22314 \text{ kg}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times \sqrt{35} \times 300 \times 340,5 = 102735,68 \text{ N}$$

Faktor reduksi geser, $\phi = 0,75$

$$\phi V_c = 0,75 \times 102735,68 \text{ N} = 77051,76 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 77051,76 \text{ N} = 38525,881 \text{ N}$$

Cek kebutuhan tulangan geser,

$$V_u \geq \phi V_c$$

$$227693,88 \text{ N} \geq 77051,76 \text{ N}$$

Maka, penampang perlu tulangan geser.

Tulangan Geser minimum,

Syarat ;

$$V_u \geq 0,5 \phi V_c$$

$$227693,88 \text{ N} \geq 38525,881 \text{ N (OK)}$$

Maka, penampang menggunakan tulangan geser minimum

Kuat Geser :

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s = \frac{227693,88 \text{ N} - 77051,76 \text{ N}}{0,75} = 200856,16 \text{ N}$$

Desain tulangan geser

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{200856,16}{400 \times 304,5} = 1,47 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$A_{v_{\min}} = 2 \times A_{s_{\text{tul}}} = 2 \times 78,54 \text{ mm}^2 = 157,1 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v}{\frac{A_v}{s}} = \frac{157,1}{1,47} = 106,87 \text{ mm}$$

Kontrol spasi tulangan geser

Spasi tulangan geser didapat dari penjabaran rumus pada (pasal 11.4.6.3) dan syarat spasi minimum pada (pasal 11.4.5.1), dimana nilainya diambil yang menentukan.

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{b_w \times S}{f_y} \right)$$

$$157,1 = 0,062 \times \sqrt{35} \times \left(\frac{300 \times S}{400} \right) \rightarrow S = 571,27 \text{ mm}$$

$$A_{v_{\min}} = \frac{0,35 \times b_w \times S}{f_y}$$

$$157,1 = \frac{0,35 \times 300 \times S}{400}$$

$$S = 598,5 \text{ mm}$$

Kontrol terhadap spasi minimum:

$$S \leq d/2$$

$$S \leq 340,5/2$$

$$106,86 \text{ mm} \leq 170,25 \text{ mm}$$

Maka, digunakan sengkang 2 kaki D10-100 mm

Kontrol Retak

Spasi tulangan terdekat kemuka tarik, S, tidak boleh melebihi yang diberikan oleh :

$$S = 380 \frac{280}{f_s} - 2,5 C_c$$

Tetapi tidak lebih besar dari ;

$$S = 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C_c &= d + dtul \\ &= 40 + 10 = 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_s &= 2/3 \times f_y \\ &= 2/3 \times 400 \text{ Mpa} = 267 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} S &= 380 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - [2,5 \times C_c] \\ &= 380 \times \left(\frac{280}{267} \right) - [2,5 \times 50] = 316 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Dan tidak lebih dari ,

$$S = 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \times \left(\frac{280}{267} \right) = 314 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Tulangan Terpasang

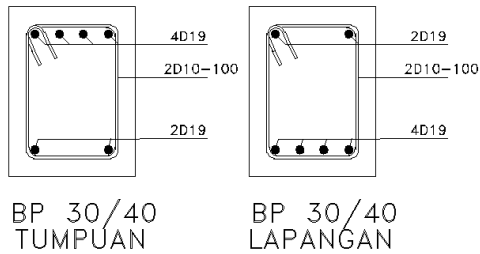
$$\text{Tumpuan} = 4D19$$

$$\text{Lapangan} = 4D19$$

$$\text{Geser} = 2D10-100$$

Sket Penulangan Balok Lift

Gambar penulangan balok lift ditunjukan pada gambar 4.18



Gambar 4. 18. Penampang Balok Lift

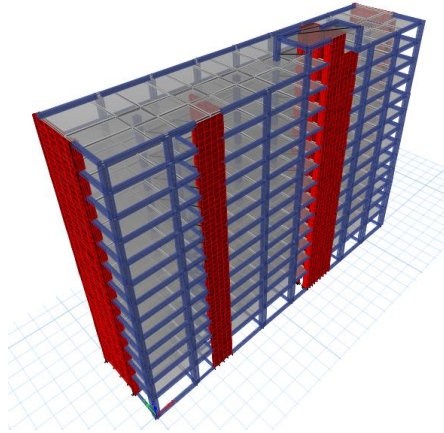
4.4 Pembebanan Dan Analisa Struktur

Sebelum melakukan analisa struktur flat slab dengan program bantu analisa struktur berbasis elemen hingga seperti ETABS, perlu dilakukan perhitungan beban yang hasilnya akan digunakan sebagai data input ke program tersebut. Beban-beban yang diinput tersebut meliputi beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

Pada subbab ini akan dilakukan analisa struktur flat slab, dengan analisa gempa dinamik respons spectrum, yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

4.4.1 Pemodelan Struktur

Struktur utama dianalisis dengan menggunakan bantuan program software etabs. Dimana sistem struktur dari flat slab dan kolom dimodelkan sebagai portal terbuka (open frame) dengan perletakan jepit pada dasar kolom. Dimana merupakan dari sistem rangka gedung yang seluruh beban lateral akan dipikul oleh dinding geser dan elemen struktur lainnya akan memikul beban sebesar 10% dari seluruh beban yang bekerja. Sedangkan perencanaan terhadap gempa akan dianalisa dengan analisis beban statik ekuivalen.



Gambar 4. 19. Permodelan Pada ETABS 15.0

4.4.2 Pembebanan

Struktur utama dibebani oleh beban hidup dan beban mati yang berasal dari lantai, beban struktur sendiri dan beban gempa. Beban mati dan beban hidup dikelompokkan di dalam beban gravitasi yang akan dipikul oleh flat slab, kolom dan balok tepi. Sedangkan untuk seluruh beban gempa akan dipikul oleh dinding geser sehingga dinding geser akan menerima 90% beban dari keseluruhan beban yang bekerja dari bangunan dan untuk elemen lainnya hanya menerima 10% yaitu berupa beban gravitasi.

Kombinasi pembebanan menurut SNI 03 2847;2013 ps.9.2 adalah sebagai berikut:

1. $U = 1,4D$
2. $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ at atau } R)$
3. $U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
4. $U = 1,2D + 1,0L + 1,0W + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $U = 0,9D + 1,0W$

$$6. U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$$

$$7. U = 0.9D + 1,0E$$

4.4.3 Beban Gravitasi

Beban gravitasi adalah beban-beban yang bekerja searah dengan gravitasi bumi. Beban gravitasi yang diterima struktur ini terdiri jadi beban mati dan beban hidup. Beban mati flat slab berasal dari berat sendiri flat slab. Pembagian pembebanan pada flat slab merupakan beban area yang kemudian diekuivalenkan menjadi beban merata yang diterima oleh kolom.

4.4.3.1 Beban Mati

Beban mati merupakan beban permanen yang bekerja selama umur bangunan, seperti berat sendiri, berat komponen non struktur. Semua beban tersebut sebenarnya adalah gaya gravitasi dan biasa disebut beban gravitasi.

4.4.3.2 Beban Hidup

Beban hidup juga merupakan beban gravitasi, tetapi tidak bersifat permanen seperti beban mati. Beban jenis ini kemungkinan akan berkerja pada struktur pada saat-saat tertentu saja selama umur bangunan atau dapat pula bekerja selama umur bangunan dan lokasi tidak tetap. Beban hidup ini antara lain,: beban perabotan, penghuni sendiri dan lain-lainnya.

4.4.4 Perhitungan Pembebanan Vertikal

Beban pada pelat lantai maupun pelat atap direncanakan sesuai dengan ketentuan pada SNI 1727;2013 yang pada beban mati mengikuti brosur. Adapun besarnya beban-beban sebagai berikut :

1. Beban Pelat Lantai 1-12

a. Beban Mati

Berat sendiri (define load, DEAD sebesar 1 pada ETABS)

$$\text{Keramik} = 20,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plesteran} = 28,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafon} = 17 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Penggantung} = 8 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting AC} = 19 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plumbing} = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{ME} = 40 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Qd} = 150 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban Hidup

Beban hidup pelat lantai 1-12 sebesar $1,92 \text{ kN/m}^2 \approx 195,72 \text{ kg/m}^2$

2. Beban Pelat Atap

a. Beban Mati

Berat sendiri (define load, DEAD sebesar 1 pada ETABS)

$$\text{Plesteran} = 28,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafon} = 17 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Penggantung} = 8 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting AC} = 19 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plumbing} = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{ME} = 40 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Qd} = 140 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban Hidup

Beban hidup pelat atap sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2 \approx 97,86 \text{ kg/m}^2$

4.4.5 Perhitungan Pembebanan Horizontal

Gaya-gaya horizontal ini disebabkan oleh adanya gempa, selanjutnya gaya-gaya horizontal ini semuanya dibebankan pada kolom dan dinding geser.

4.4.6 Perhitungan Berat Total Gedung

Berat gedung merupakan berat total beban mati akibat berat sendiri gedung dan beban hidup yang direduksi sesuai dengan SNI 1727:2013 yang dijabarkan pada Tabel 4.1 :

Tabel 4. 1. Total Berat Bangunan

Lantai	Beban Mati	Beban Hidup	Jumlah
	kg	kg	kg
R. Lift	81545,729	2371,882	83917,61
Atap	598346,9963	34251	632598,00
12	598346,9963	68502	666849,00
11	598346,9963	68502	666849,00
10	598346,9963	68502	666849,00
9	611334,8771	68502	679836,88
8	611334,8771	68502	679836,88
7	611334,8771	68502	679836,88
6	611334,8771	68502	679836,88
5	611334,8771	68502	679836,88
4	671210,3926	68502	739712,39
3	671210,3926	68502	739712,39
2	753848,3875	68502	822350,39
1	988400,5538	68502	1056902,55
ΣBerat bangunan			9474924,71

4.4.7 Analisa Beban Gempa Dinamis

Pembebanan gempa secara dinamis menggunakan bantuan program ETABS 2015 dengan analisa dinamis respons spectrum. Sebelumnya dilakukan permodelan 3D struktru terlebih dahulu. Pemodelan struktur tersebut dilakukan dengan asumsi sebagai berikut :

1. Pertimbangan adanya retak sepanjang bentang komponen, maka komponen strutur direduksi, momen inersianya menjadi : (Berdasarkan SNI 03 2847;2013 ps. 10.10.4.1)
 - ✓ Untuk balok $= 0,35 I_g$
 - ✓ Untuk Kolom persegi $= 0,7 I_g$
 - ✓ Untuk Flat slab $= 0,25 I_g$
 - ✓ Untuk Dinding geser $= 0,35 I_g$

Parameter-parameter lain yang digunakan dalam permodelan struktur ada program bantu ETABS 15.0 dijelaskan dibawah ini :

4.4.7.1 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma

Menurut SNI 03 1726;2012 ps 7.3.1 bahwa lantai tingkay atap beton dan sistem lantai dengan ikatan suatu struktur gedung dapat dianggap sangat kaku dalam bidangnya dan karenanya dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa periodical.

Menurut SNI 1727:2012 ps. 7.3.2 bahwa syarat lantai betpn dapat dianggap sebagai diafragma adalah tidak boleh ada lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh tingkat. Karena pada Tugas Akhir ini tidak ada bukaan yang melebihi 50% dari luas

seluruh, maka lantai-lantai beton pada gedung ini dapat dianggap sebagai diafragma.

4.4.7.2 Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan arah y secara bolak balik dan periodical menurut SNI 03 1726;2012 ps. 7.5, untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap arah tegak lurus dengan arah utama dengan efektif 30%.

- Gempa Respons Spektrum X
100% efektifitas untuk arah X dan 30% untuk arah Y
- Gempa Respons Spektrum Y
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% untuk arah X

4.4.7.3 Respons Spektrum Rencana

Menurut SNI 03 1726;2012 ps. 7.9.1 menyatakan bahwa analisis respons spektrum gempa rencana, nilai koordinatnya harus dikalikan dengan I/R . Lalu dikarenakan nilai C dinyatakan dengan percepatan gravitasi maka nilai C harus dikalikan percepatan gravitasi sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$.

4.4.8 Perhitungan Beban Gempa

Beban Gempa yang diterima oleh gedung dihitung berdasarkan peraturan gempa yang terbaru yaitu dengan SNI 1726;2012

- 1) Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung (SNI 1726;2012 ps 4.1.2 tabel 1)

Tabel 4. 2 Kategori Resiko Bangunan

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Pada Tabel 4.2 gedung yang direncanakan masuk dalam jenis gedung dan struktur lainnya yang merupakan bangunan hunian yaitu mempunyai **Kategori resiko II**.

2) Menentukan Faktor Keutamaan (SNI 1726;2012 ps 4.1.2)

Tabel 4. 3. Faktor Keutamaan Gempa

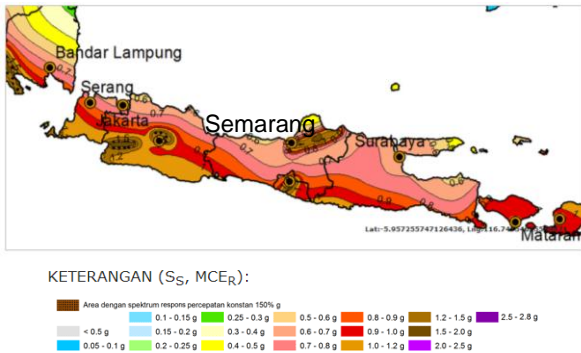
Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

Berdasarkan Tabel 4.3 Faktor Keutamaan Gempa, gedung perencanaan ini pada kategori Resiko II yang memiliki Faktor Keutamaan Gempa, I sebesar 1,0.

3) Menentukan Parameter Percepatan Tanah (S_s , S_1) (SNI 1726;2012 ps 6.1.2)

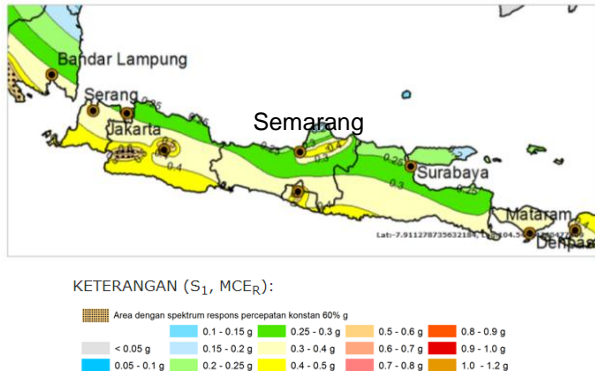
Parameter yang digunakan adalah S_s (percepatan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan

dasar pada perioda 1 detik) yang harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik (MCER) kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun pada kota Semarang pada Gambar 4.20 dan Gambar 4.21 :



Gambar 4. 20. Parameter Percepatan dasar pada perioda pendek (S_S)

Sehingga Respons Spektra Percepatan Gempa, Kota Semarang pada 0,2 detik, $S_S = 1,2g$



Gambar 4. 21. Parameter percepatan dasar pada perioda 1 detik (S_1)

Sehingga Respons Spektra Percepatan Gempa, Kota Semarang pada 1,0 detik, $S_1 = 0,40g$

4) Menentukan Klasifikasi Situs (SA-SF) (SNI 1726;2012 ps 5.3)

Lokasi tempat yang akan dibangun gedung perhotelan ini masuk dalam kondisi SD (Tanah Sedang) .

Tabel 4. 4. Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{N} dan \bar{N}_{ch}
SA (BatuanKeras)	N/A
SB (Batuan)	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	>50
SD (Tanah Sedang)	15 sampai 50
SE (Tanak Lunak)	<15

Tabel 4. 5. Nilai N-SPT

Lapisan tanah ke. i	Tebal lapisan (di)	Deskripsi jenis tanah	Nilai N-SPT	N	$\sum N$	Nilai rata rata
	(m)					$\sum di/\sum n$
1	7	Lempung kelanauan, kepasiran, coklat kemerahan	19,33	0,36	0,87	34,34
2	2	Lempung kelanauan, kepasiran, coklat keabuan	34,00	0,06		
3	2	Lempung kelanauan, kepasiran, coklat kemerahan	24,00	0,08		
4	2	Lempung kelanauan, kepasiran, coklat kehitaman	33,00	0,06		
5	2	lanau kelempungan, sedikit pasir, coklat kemerahan	34,00	0,06		
6	2	lanau kepasiran, sedikit kerikil, coklat kekuningan	60,00	0,03		
7	1,5	lanau kepasiran, sedikit kerikil, coklat keputihan	60,00	0,03		
8	1,5	lanau kepasiran, sedikit kerikil, abu abu kecoklatan	60,00	0,03		
9	3	pasir berkerikil sedikit lempung, abu abu kehitaman	60,00	0,05		
10	2	lanau kepasiran, abu abu coklat kekuningan	60,00	0,03		
11	2	lanau kepasiran, abu abu kecoklatan	60,00	0,03		
12	2	lanau sedikit pasir dan kerikil, abu abu coklat	60,00	0,03		
13	1	lanau sedikit pasir, kerikil, coklat	60,00	0,02		
$\sum di$	30					

Didapatkan dari Tabel 4.5 Nilai Tahanan standar didapatkan nilai $\bar{N} = 34,34 > 15$, maka termasuk dalam kelas situs SD (Tanah Sedang)

5) Menentukan Faktor Koefisien Situs (F_a , F_v) (SNI 1726;2012 ps 6.2)

a. Menentukan F_a

Berdasarkan nilai $S_s = 1,2g$ dan kelas situs SD, maka didapatkan nilai F_a pada Tabel 4.6 :

Tabel 4. 6 Menentukan F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

b. Menentukan F_v

Berdasarkan nilai $S_1 = 0,40g$ dan kelas situs SD maka didapatkan nilai F_v pada Tabel 4.7 :

Tabel 4. 7 Menentukan F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 1$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

Parameter spectruk respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) ditentukan dengan perumusan berikut :

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,0 \times 1,20 \text{ g} = 1,2$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,6 \times 0,4 \text{ g} = 0,64$$

- 6) Menghitung parameter percepatan desain (S_{DS} , S_{D1}) (SNI 1726;2012 ps 6.3)

Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek (S_{DS}), dan pada periode 1 detik (S_{D1}) harus ditetapkan sebagai berikut :

$$S_{DS} = 2/3 \times S_{MS} = 2/3 \times 1,2 = 0,8$$

$$S_{D1} = 2/3 \times S_{M1} = 2/3 \times 0,64 = 0,427$$

- 7) Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS) (SNI 1726;2012 ps 6.5)

Tabel 4. 8. Menentukan KDS

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

$S_{DS} = 0,8$, sehingga termasuk kategori resiko D

Tabel 4. 9. Menentukan KDS

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DS} < 0,20$	C	D
$0,2 \leq S_{DS}$	D	D

$S_{D1} = 0,427$, sehingga termasuk kategori resiko D

Sehingga Kategori Desain Seismik termasuk dalam KDS D

8) Menentukan sistem dan parameter struktur (R , C_d , Ω_0)

Berdasarkan tabel 9 pada SNI 1727;2012 sistem struktur pada Gedung Golden Tulip Essensial Hotel ini akan menggunakan tipe B.4 yaitu sistem rangka bangunan dengan dinding geser beton bertulang khusus dimana dinding geser akan memikul seluruh gaya lateral sedangkan rangka bangunan akan memikul gaya gravitasi. Atau juga dinding geser yang akan memikul 90% dari seluruh gaya yang bekerja dan 10% lainnya akan dipikul oleh rangka bangunan.

Pemilihan sistem penahan gempa tersebut diperlihatkan pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10. Sistem Penahan gaya lateral

Sistem Penahan gaya lateral	Koefisien modifikasi respons	faktor kuat-lebih sistem	Faktor pembesaran defleksi	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, H_n (m) ^c				
				Kategori desain Seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^d
B. Sistem rangka bangunan								
1. Rangka baja dengan bresing ekstentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3 1/4	2	3 1/4	TB	TB	10 ^d	10 ^d	TI ^f
4. Dinding geser beton bertulang khusus	6	2 1/2	5	TB	TB	48	48	30
5. Dinding geser beton bertulang biasa	5	2 1/2	4 1/2	TB	TB	TI	TI	TI
6. Dinding geser beton polos detail	2	2 1/2	2	TB	TI	TI	TI	TI

Berdasarkan Tabel 4.10 didapatkan pula data tambahan untuk desain struktur yaitu :

$R^a = 6$ (Koefisien Modifikasi Respon)

$\Omega_o^g = 2,5$ (Faktor Kuat Lebih Sistem)

$C_d^b = 5,0$ (Faktor Pembesaran Defleksi)

9) Merencanakan Respons Spektrum (SNI 1726;2012 ps 6.4)

Kurva respon spektrum harus mengikuti ketentuan dibawah ini :

Untuk perioda yang lebih kecil T_0 , spectrum respons percepatan desain (S_a) harus didesain dengan persamaan:

$$T_0 = \frac{0,2S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,2 \times 0,4272}{0,800} = 0,107 \text{ detik}$$

$$TS = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,427}{0,800} = 0,533 \text{ detik}$$

Untuk perioda yang lebih kecil T_0 , spectrum respon percepatan desain (S_a), harus didesain dengan persamaan:

Untuk, $T = 0 \rightarrow T < T_0$, maka :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) = 0,8 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,107} \right) = 0,32$$

Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spectrum respon percepatan desain (S_a) sama dengan S_{DS} .

Untuk, $T=0,75 \rightarrow T_0 \leq T \leq T_s$, maka : $S_a = S_{DS} = 0,800$

Untuk periode lebih besar dari T_s , spectrum respon percepatan desain (S_a) diambil berdasarkan persamaan :

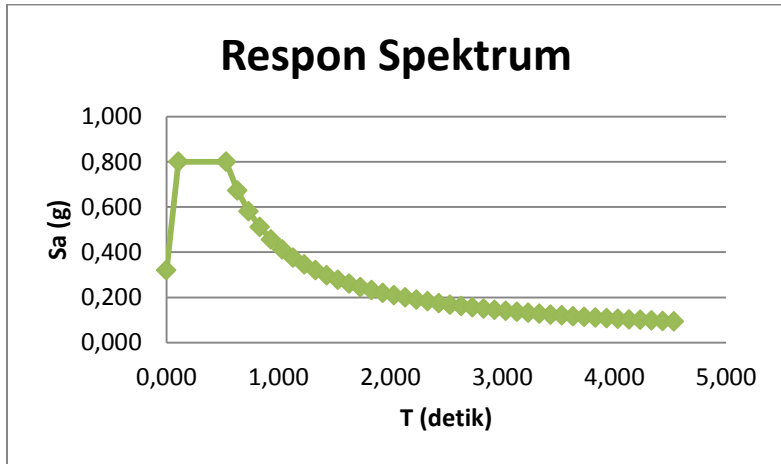
Untuk, $T = 0,849 \rightarrow T > TS$, maka :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,4972}{0,849} = 0,58426$$

Perhitungan tersebut juga diperlihatkan pada Tabel 4.19 dengan interval data sebesar 1 detik. Dengan menggunakan interval perioda sebesar 0,1 detik

didapatkan grafik respon spektrum desain seperti pada Grafik 4.1.

Grafik 4. 1 Respons Spektrum



10) Menentukan Perkiraan Periode Alami Fundamental (SNI 1726;2012 ps 7.8.2)

Berdasarkan SNI 1726 2012 Ps. 7.8.2 penentuan perkiraan perioda alami fundamental (T_a) harus ditentukan dari persamaan 26 pada SNI 1726-2012. Dengan parameter C_t dan x diambil dari tabel 15 SNI 1726 2012, serta h_n merupakan total tinggi bangunan.

$$T_a = C_t h_n^x$$

Batas atas perioda struktur didapatkan dengan mengalikan nilai periode fundamental perkiraan dengan koefisien C_u . Berdasarkan nilai S_{D1} yang didapat dari perhitungan sebelumnya.

$$T = C_u T_a \rightarrow C_u \text{ (Tabel 14 SNI 1726–2012)}$$

$$S_{D1} = 0,427 \rightarrow C_u = 1,4$$

1. Arah X

$$Ta_{minimum} = C_t h_n^x = 0,0488 \times 45,2^{0,75} = 0,8507 \text{ detik}$$

$$Ta_{maksimum} = Cu \times Ta = 1,4 (0,8507) = 1,191 \text{ detik}$$

2. Arah Y

$$Ta_{minimum} = C_t h_n^x = 0,0488 \times 45,2^{0,75} = 0,8507 \text{ detik}$$

$$Ta_{maksimum} = Cu \times Ta = 1,4 (0,8507) = 1,191 \text{ detik}$$

11) Perhitungan Seismik Base Shear (V)

Data desain :

$$SDS = 0,800$$

$$SD1 = 0,427$$

Faktor reduksi gempa, $R = 6$

Faktor keutamaan gempa, $I_e = 1$

Menurut SNI 1726-2012 ps. 7.8.1.1 koefisien Respon Seismik (C_s) ditentukan dengan perumusan berikut :

1. C_s Maksimum

$$C_{s \text{ maksimum}} = \frac{S_{DS}}{R / I_e}$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah X} = \frac{S_{DS}}{R / I_e} = \frac{0,800}{6 / 1} = 0,133$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah Y} = \frac{S_{DS}}{R / I_e} = \frac{0,800}{6 / 1} = 0,133$$

2. C_s hitungan manual

$$C_{s \text{ hitungan manual}} = \frac{S_{DS}}{T(R / I_e)}$$

$$C_{s \text{ hitungan manual}} \text{ arah X} = \frac{0,800}{1,18(6 / 1)} = 0,113$$

$$C_{\text{hitungan manual}} \text{ arah Y} = \frac{0,800}{0,969(6/11)} = 0,138$$

3. Cs Minimum

$$Cs = 0,044 \text{ SDS } I_e \geq 0,01$$

$$C_{s_{\text{minimum}}} \text{ arah X} = 0,044 \times 0,800 \times 1 \\ = 0,0352 \geq 0,01$$

$$C_{s_{\text{minimum}}} \text{ arah Y} = 0,044 \times 0,800 \times 1 \\ = 0,0352 \geq 0,01$$

Untuk arah X didapat nilai Cs sebagai berikut.

$$Cs \text{ hitungan arah X} = 0,113$$

$$Cs \text{ minimum arah X} = 0,0352$$

$$Cs \text{ maksimum arah X} = 0,133$$

Nilai Cs yang digunakan adalah 0,114 karena Cs hitungan terletak di antara Cs minimum dan Cs maksimum.

Untuk arah Y didapat nilai Cs sebagai berikut.

$$Cs \text{ hitungan arah Y} = 0,138$$

$$Cs \text{ minimum arah Y} = 0,0352$$

$$Cs \text{ maksimum arah Y} = 0,133$$

Nilai Cs yang digunakan adalah 0,146 karena Cs hitungan terletak di Cs maksimum.

12) Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral yang timbul pada semua tingkat harus ditentukan berdasarkan persamaan 30 pada SNI 1726-2012. Sebagaimana ditunjukkan pula pada rumus dibawah ini :

$$F_x = C_{vx} V$$

Dimana :

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Untuk : $T < 0,5$ s; maka nilai $k = 1$

$T > 2,5$ s; maka nilai $k = 2$

$0,5 \text{ s} < T < 2,5 \text{ s}$; maka nilai k diperoleh dengan cara interpolasi dari kedua nilai k di atas.

$T = 1,9 \text{ detik}$, maka nilai k adalah :

$$k = 1 + \left(\frac{1,9 - 0,5}{2,5 - 0,5} (2 - 1) \right) = 1,3455$$

Maka, besarnya distribusi beban geser akibat gempa dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan 4.12.

Tabel 4. 11. Gaya Gempa (F_x) pada tiap lantai

Lantai	hi	wi	wi x hn ^x	Cvx	Fx (ton)	Vx(ton)
R. Lift	45,2	69,79	11769,62	0,019	24,52	24,52
Lantai 13	42,1	625,88	95926,18	0,153	199,84	224,35
Lantai 12	39	625,88	86545,29	0,138	180,29	404,65
Lantai 11	35,9	625,88	77418,74	0,123	161,28	565,93
Lantai 10	32,8	625,88	68560,71	0,109	142,83	708,76
Lantai 9	29,7	638,65	61211,73	0,097	127,52	836,27
Lantai 8	26,6	638,65	52773,97	0,084	109,94	946,21
Lantai 7	23,5	638,65	44669,81	0,071	93,06	1039,27
Lantai 6	20,4	638,65	36927,55	0,059	76,93	1116,20
Lantai 5	17,3	638,65	29582,52	0,047	61,63	1177,83
Lantai 4	14,2	698,52	24806,69	0,039	51,68	1229,50
Lantai 3	11,1	698,52	17809,36	0,028	37,10	1266,60
Lantai 2	8	782,16	12834,84	0,020	26,74	1293,34
Lantai 1	4,5	1051,50	7956,06	0,013	16,57	1309,92
TOTAL		8997,24	628793,1	1,00	1309,92	

Tabel 4. 12. Gaya Gempa (F_y) pada tiap Lantai

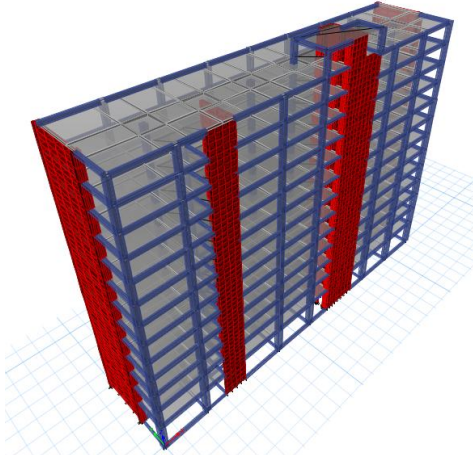
Lantai	hi	wi	wi x hn ^x	Cvy	Fy (ton)	Vy(ton)
R. Lift	45,2	69,79	11769,62	0,019	29,94	29,94
Lantai 13	42,1	625,88	95926,18	0,153	244,05	273,99
Lantai 12	39	625,88	86545,29	0,138	220,18	494,17
Lantai 11	35,9	625,88	77418,74	0,123	196,96	691,13
Lantai 10	32,8	625,88	68560,71	0,109	174,43	865,56
Lantai 9	29,7	638,65	61211,73	0,097	155,73	1021,29
Lantai 8	26,6	638,65	52773,97	0,084	134,26	1155,55
Lantai 7	23,5	638,65	44669,81	0,071	113,65	1269,20
Lantai 6	20,4	638,65	36927,55	0,059	93,95	1363,15
Lantai 5	17,3	638,65	29582,52	0,047	75,26	1438,41
Lantai 4	14,2	698,52	24806,69	0,039	63,11	1501,52
Lantai 3	11,1	698,52	17809,36	0,028	45,31	1546,83
Lantai 2	8	782,16	12834,84	0,020	32,65	1579,48
Lantai 1	4,5	1051,50	7956,06	0,013	20,24	1599,72
TOTAL		8997,24	628793,1	1,00	1599,72	

4.4.9 Kontrol Hasil Analisa Struktur

Setelah dilakukan permodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktru tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

- Kontrol Partisipasi massa
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol pembebanan Manual & Etabs
- Kontrol nilai akhir respons spektrum
- Kontrol batasan simpangan
- Kontrol Sistem Rangka Gedung
- Kontrol P-Delta
- Kontrol Pembesaran torsi tak terduga

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.



Gambar 4. 22 Hasil Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS 15.0

4.4.9.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2013 ps. 7.9.1 bahwa perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%. Dalam hal ini digunakan bantuan program bantu ETABS untuk mengeluarkan output partisipasi massa seperti pada Tabel 4.13 berikut :

Tabel 4. 13 Output Partisipasi Massa

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
		sec				
Modal	1	1,18	0,642	0,043	0,642	0,043
Modal	2	0,969	0,041	0,652	0,684	0,694
Modal	3	0,746	0,025	0,001	0,709	0,696
Modal	4	0,294	0,188	0,003	0,896	0,698
Modal	5	0,23	0,002	0,207	0,898	0,906
Modal	6	0,174	0,003	0,000	0,901	0,906
Modal	7	0,139	0,052	0,000	0,954	0,906
Modal	8	0,108	0,000	0,053	0,954	0,959

Dari Tabel 4.13 didapatkan partisipasi massa arah X sebesar 95,4 % pada mode ke 8 dan partisipasi massa arah Y sebesar 95,9 % pada mode ke 8. Maka dapat disimpulkan analisa struktur yang sudah dilakukan memenuhi syarat pada SNI 1726:2012 ps. 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90%.

4.4.9.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Periode struktur fundamental, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji, untuk saat ini hal tersebut baru dapat didekati dengan menggunakan hasil analisis komputer. Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1, Periode fundamental struktur (T) yang digunakan:

- Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Dimana :

T_a = Periode Fundamental pendekatan

C_u = Koefisien untuk batas atas

T_c = Periode struktur yang dihitung dengan program analisis komputer.

Tabel 4. 14. Output perioda

Case	Mode	Period
		sec
Modal	1	1,18
Modal	2	0,969
Modal	3	0,746
Modal	4	0,294
Modal	5	0,23
Modal	6	0,174
Modal	7	0,139
Modal	8	0,108

Pada perhitungan sebelumnya didapatkan perioda batasan atas sebesar $C_u T_a = 1,19$ detik. Dari hasil analisis program ETABS 15.0 pada Tabel 4.14 didapat $T_c = 1,18$ detik.

Karena $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah **$T = 1,18$ detik.**

4.4.9.3 Kontrol Pembebanan Manual dan ETABS

Hasil dari output ETABS pada Tabel 4.15 berikut :

Tabel 4. 15. Kontrol Berat Total Bangunan

Lantai	ETABS	MANUAL
	kg	kg
Lantai Atap	50496,68	69790,53
Lantai 13	622946,23	642987,60
Lantai 12	725302,65	642987,60
Lantai 11	725302,65	642987,60
Lantai 10	725302,65	642987,60
Lantai 9	734407,65	655759,48
Lantai 8	744079,65	655759,48
Lantai 7	744079,65	655759,48
Lantai 6	744079,65	655759,48
Lantai 5	744079,65	655759,48
Lantai 4	754672,65	715634,99
Lantai 3	765832,65	715634,99
Lantai 2	781595,85	801479,39
Lantai 1	1014103,05	1076341,35
TOTAL	9876281,3	9229629

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.15 didapatkan selisih berat bangunan sebesar 6,5%, nilai ini masih berada di bawah batas selisih toleransi berat bangunan, yaitu 10%. Karena dalam perhitungan berat bangunan manual mengabaikan adanya rongga (*void*) pada struktur gedung, maka untuk perhitungan selanjutnya, akan digunakan berat bangunan yang dihitung oleh ETABS.

4.4.9.4 Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1 , nilai akhir respons dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik.

Maka dari base reactions Gempa dinamik (respons Spectrum) hasil analisa struktur menggunakan ETABS 15.0 didapat sebagaimana pada Tabel 4.16:

Tabel 4. 16. Nilai Akhir Response spektrum

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
SpecX Max	4559,436	2126,195
SpecY Max	1942,94	5392,022

$$W_{DL} = 9876281,31 \text{ Kg}$$

$$W_{LL} = 1715902 \text{ kg}$$

$$W_{tot} = 11592182,9 \text{ kg} = 115504,5 \text{ kN}$$

1. V_{STATIK}

- Arah X = $C_s \times W = 0,113 \times 115504,5 \text{ kN}$
 $= 13052,01 \text{ kN}$
- Arah Y = $C_s \times W = 0,138 \times 115504,5 \text{ kN}$
 $= 15939,622 \text{ kN}$

2. Kontrol nilai akhir respons Spektrum :

- $V_{SpecX} = 4559,436 \text{ kN} \geq 0,85 V_{STATIK}$
 $= 11094,208 \text{ kN}$ **[TIDAK OKE]**
- $V_{SpecY} = 5392,022 \text{ kN} \geq 0,85 V_{STATIK}$
 $= 13548,68 \text{ kN}$ **[TIDAK OKE]**

Karena arah x dan arah y tidak memenuhi persyaratan, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur hasil analisis harus dikali faktor skala 0,85

$$V_{STATIK} / V_{SpecX/Y}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah X} &= 0,85 V_{STATIK} / V_{SpecX} \\ &= 11094,208 \text{ kN} / 4559,436 \text{ kN} = 2,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah Y} &= 0,85 V_{STATIK} / V_{SpecY} \\ &= 13548,68 \text{ kN} / 5392,022 \text{ kN} = 2,51 \end{aligned}$$

Adapun setelah dikalikan dengan faktor skala maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\text{Arah X : } V_{\text{SpecX}} \geq 0,85 V_{\text{STATIK}}$$

$$4559,436 \text{ kN} \times 2,43 \geq 11094,208 \text{ kN}$$

$$11094,21 \text{ kN} \geq 11094,208 \text{ kN} \quad [\text{OKE}]$$

$$\text{Arah Y : } V_{\text{SpecY}} \geq 0,85 V_{\text{STATIK}}$$

$$5392,022 \text{ kN} \times 2,51 \geq 13548,68 \text{ kN}$$

$$13548,68 \text{ kN} \geq 13548,68 \text{ kN} \quad [\text{OKE}]$$

Setelah diperoleh faktor skala masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisis ulang dengan mangalikan faktor skala yang diperoleh diatas pada *scale factor respons spectra*. Kemudian diperoleh hasil yang diperlihatkan pada Tabel 4.17 berikut:

Tabel 4. 17. Nilai Akhir Respons Spektrum setelah ditambah faktor pengali

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
SpecX Max	11101,63	5266,044
SpecY Max	4808,778	13551,75

Berdasarkan tabel 4.17 setelah dilakukan analisis ulang maka gempa dinamik telah memenuhi persyaratan pada SNI 03-1726-2021 Ps. 7.9.4.

4.4.9.5 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (drift)

Berdasarkan SNI 1726;2012 psl 7.8.6 untuk kontrol drift dirumuskan sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Dimana : δ_{xe} = Defleksi pada lantai ke-x

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5

I_e = Faktor Keutamaan gedung = 1,0

Berdasarkan pasal SNI 1726:2012 tabel 16, untuk semua struktur lainnya dengan kategori II, drift dibatasi sebesar :

$$\Delta = 0,020 h_{xx}$$

$$= 0,020 \times 3100 \text{ mm}$$

$$= 62 \text{ mm}$$

Dimana , h_{xx} = tinggi titik dibawah tingkat x

Hasil dari kontrol simpangan pada analisis struktur gedung Golden Tulis Essensial Hotel akibat gempa dinamik pada masing-masing arah diperlihatkan pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19 sebagai berikut :

Tabel 4. 18. Kontrol Simpangan Arah-X

Lantai	δ_{xe}	δ_x	h_{sx}	Δx	Δa	Cek
	mm	mm	mm	mm	mm	
L-Atap	30,4	152	3100	11,5	62	OKE
L-13	28,1	140,5	3100	11,5	62	OKE
L12	25,8	129	3100	12	62	OKE
L11	23,4	117	3100	12,2	62	OKE
L10	20,96	104,8	3100	12,3	62	OKE
L9	18,5	92,5	3100	12,6	62	OKE
L8	15,98	79,9	3100	12,4	62	OKE
L7	13,5	67,5	3100	12,1	62	OKE
L6	11,08	55,4	3100	11,6	62	OKE
L5	8,76	43,8	3100	10,9	62	OKE
L4	6,58	32,9	3100	10,1	62	OKE
L3	4,56	22,8	3100	8,7	62	OKE
L2	2,82	14,1	3500	8,1	70	OKE
L1	1,2	6	4500	6	90	OKE
Base	0	0	0	0	0	-

Tabel 4. 19. Kontrol Simpangan Arah-Y

Lantai	δx_e	δx	hsx	Δx	Δa	Cek
	mm	mm	mm	mm	mm	
L-Atap	25,8	129	3100	10	62	OKE
L-13	23,8	119	3100	10,5	62	OKE
L12	21,7	108,5	3100	10,5	62	OKE
L11	19,6	98	3100	10,8	62	OKE
L10	17,44	87,2	3100	10,9	62	OKE
L9	15,26	76,3	3100	10,8	62	OKE
L8	13,1	65,5	3100	10,55	62	OKE
L7	10,99	54,95	3100	10,25	62	OKE
L6	8,94	44,7	3100	9,7	62	OKE
L5	7	35	3100	8,94	62	OKE
L4	5,212	26,06	3100	8,06	62	OKE
L3	3,6	18	3100	7	62	OKE
L2	2,2	11	3500	6,5	70	OKE
L1	0,9	4,5	4500	4,5	90	OKE
Base	0	0	0	0	0	-

4.4.9.6 Kontrol Sistem Rangka Gedung

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 9 point B.4 Sistem Rangka Bangunan merupakan sistem struktur yang beban lateral gempa bumi akan dipikul oleh dinding geser. Untuk pengamanan terhadap keruntuhan, Sistem Rangka Bangunan akan memikul minimal 90% dari beban yang terjadi, dan 10% lainnya akan dipikul rangka bangunan.

Kemampuan dari dinding geser dalam menyerap beban lateral akibat gempa dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21 berikut :

Tabel 4. 20. Kontrol Sistem Rangka Gedung Arah X

Spec	Fx (kN)		Fx (%)	
	SW	SRPM	SW	SRPM
SpecX	5743,7718	456,3101	92,6%	7,4%
Spec Y	4231,2736	192,0472	95,7%	4,3%

Tabel 4. 21. Kontrol Sistem Rangka Gedung Arah Y

Spec	Fy (kN)		Fy (%)	
	SW	SRPM	SW	SRPM
SpecX	2728,7079	163,237	94,4%	5,6%
Spec Y	5182,6273	355,29	93,6%	6,4%

Dari tabel 4.20 dan tabel 4.21 dapat dilihat bahwa presentase reaksi pada perletakan kolom nilainya kurang dari 10% dan pada dinding struktur lebih dari 90%, sehingga sistem rangka bangunan pada tugas akhir ini telah memenuhi syarat sebagai Sistem Struktur Rangka Bangunan.

4.4.9.7 Kontrol Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI 1726-2012 Ps 7.8.7 pengaruh P-delta harus diperhitungkan pada bangunan dengan ketinggian lebih dari 40 m dengan menggunakan persamaan 35 pada SNI 03-1726-2012. Pengaruh P-delta tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) $\leq 0,1$.

$$\theta = \frac{P_x \Delta_e}{V_x h_{sx} C_d}$$

Dimana :

P_x = Beban vertikal total pada dan diatas tingkat-x, tanpa faktor beban (kN)

Δ = Simpangan antar lantai tingkat yang terjadi secara serentak dengan V_x (mm)

- I = Faktor keutamaan gempa
 V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antar tingkat x dan $x-1$ (kN)
 h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x , (mm)
 C_d = Faktor pembesaran defleksi

Struktur Gedung Golden Tulip Essensial Hotel yang termasuk dalam kategori desain seismik D memiliki gaya geser seismik (V_x) yang nilainya lebih kecil dari beban vertikal (P_x) sehingga menghasilkan koefisien stabilitas (θ) yang kecil sebagaimana diperhitungkan pada Tabel 4.22 dan Tabel 4.23 .

Tabel 4. 22. Koefisien Stabilitas Arah X (θ_x)

Story	Story Drift	Ic	h_{sx}	cd	Vx (kN)	Beban P	Stability ratio (θ)
	mm		mm			kN	
Atap	30,4	1	3100	5	244,3	549,52	0,0044
13	28,1	1	3100	5	2.235,5	7.426,13	0,0065
12	25,8	1	3100	5	4.031,9	16.018,16	0,0071
11	23,4	1	3100	5	5.638,9	24.610,18	0,0071
10	20,96	1	3100	5	7.062,0	33.202,20	0,0068
9	18,5	1	3100	5	8.332,6	41.884,95	0,0065
8	15,98	1	3100	5	9.428,1	50.664,07	0,0060
7	13,5	1	3100	5	10.355,3	59.443,19	0,0054
6	11,08	1	3100	5	11.121,8	68.222,30	0,0047
5	8,76	1	3100	5	11.735,9	77.001,42	0,0040
4	6,58	1	3100	5	12.250,8	85.886,09	0,0032
3	4,56	1	3100	5	12.620,4	94.881,95	0,0024
2	2,82	1	3100	5	12.886,9	104.034,88	0,0016
1	1,2	1	3500	5	13.052,0	132.601,75	0,0008

Tabel 4. 23. Koefisien Stabilitas Arah Y (θ_y)

Story	Story Drift	Ic	h_{sx}	cd	Vx (kN)	Beban P	Stability ratio (θ)
	mm		mm			kN	
Atap	25,8	1	3100	5	298,4	549,5	0,0033
13	23,8	1	3100	5	2.730,0	7.426,1	0,0048
12	21,7	1	3100	5	4.923,9	16.018,2	0,0052
11	19,6	1	3100	5	6.886,5	24.610,2	0,0052
10	17,44	1	3100	5	8.624,4	33.202,2	0,0050
9	15,26	1	3100	5	10.176,1	41.885,0	0,0046
8	13,1	1	3100	5	11.513,9	50.664,1	0,0042
7	10,99	1	3100	5	12.646,3	59.443,2	0,0038
6	8,94	1	3100	5	13.582,4	68.222,3	0,0033
5	7	1	3100	5	14.332,3	77.001,4	0,0027
4	5,212	1	3100	5	14.961,1	85.886,1	0,0021
3	3,6	1	3100	5	15.412,6	94.882,0	0,0016
2	2,2	1	3100	5	15.737,9	104.034,9	0,0010
1	0,9	1	3500	5	15.939,6	132.601,8	0,0005

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.22 dan Tabel 4.23 didapatkan koefisien stabilitas arah X $\leq 0,1$ sehingga pengaruh P-Delta tidak perlu diperhitungkan atau dapat diabaikan.

4.4.9.8 Pembesaran Momen Torsi Tak Terduga

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Ps. 7.8.4.3 menyebutkan Torsi terdiri dari torsi bawaan, torsi tak terduga, eksentrisitas dari torsi bawaan dapat dilihat melalui program bantu etabs. Berikut merupakan data eksentrisitas dari torsi bawaan yang didapat melalui software ETABS untuk masing-masing arah. Dari program bantu analisis didapat nilai pusat massa (Y_{CM} dan X_{CM}), serta pusat rotasi (Y_{CR} dan X_{CR}) yang diperlihatkan pada Tabel 4.24 berikut. Dari nilai-nilai

ini dapat diketahui besarnya eksentrisitas pusat massa dan pusat kekakuan (e_x dan e_y).

Tabel 4. 24. Output ETABS Eksentrisitas Torsi Bawaan

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas	
	XCM	YCM	XCR	YCR	eX	eY
	m	m	m	m	m	m
Story 1	28,11	5,95	26,85	2,19	1,27	3,77
Story 2	28,10	6,01	27,00	1,91	1,10	4,10
Story 3	28,09	6,03	27,19	1,86	0,90	4,17
Story 4	28,09	6,03	27,36	1,80	0,73	4,23
Story 5	28,09	6,03	27,51	1,75	0,59	4,29
Story 6	28,09	6,03	27,63	1,71	0,46	4,32
Story 7	28,09	6,03	27,73	1,69	0,36	4,35
Story 8	28,09	6,03	27,82	1,67	0,27	4,36
Story 9	28,09	6,04	27,89	1,67	0,20	4,37
Story 10	28,10	6,04	27,95	1,66	0,14	4,38
Story 11	28,10	6,04	28,00	1,66	0,09	4,38
Story 12	28,10	6,04	28,05	1,66	0,05	4,38
Story 13	28,02	5,96	28,08	1,66	-0,07	4,29
Story 14	33,42	2,38	34,20	1,92	-0,78	0,46

Eksentrisitas dari torsi tak terduga adalah eksentrisitas bawaan sebesar 5% dari dimensi arah tegak lurus panjang bentang struktur bangunan dimana gaya gempa bekerja. Pada Tabel 4.25 dapat dilihat data eksentrisitas tak terduga.

Tabel 4. 25. Eksentrisitas Torsi tak Terduga

Lantai	Panjang bentang total	Panjang bentang total	0.05 Ly	0.05 Lx
	sumbu-y (Ly)-(m)	sumbu-x (Lx)-(m)	(m)	(m)
Story 1	12,5	56	0,625	2,8
Story 2	12,5	56	0,625	2,8
Story 3	12,5	56	0,625	2,8

Tabel 4.25. Eksentrisitas Torsi tak Terduga (lanjutan)

Lantai	Panjang bentang total	Panjang bentang total	0.05 Ly	0.05 Lx
	sumbu-y (Ly)-(m)	sumbu-x (Lx)-(m)	(m)	(m)
Story 6	12,5	56	0,625	2,8
Story 7	12,5	56	0,625	2,8
Story 8	12,5	56	0,625	2,8
Story 9	12,5	56	0,625	2,8
Story 10	12,5	56	0,625	2,8
Story 11	12,5	56	0,625	2,8
Story 12	12,5	56	0,625	2,8
Story 13	12,5	56	0,625	2,8
Story 14	12,5	56	0,625	2,8

Eksentrisitas torsi tak terduga harus dikalikan dengan faktor pembesaran momen torsi tak terduga (A) ditentukan dari persamaan berikut :

$$A = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2 \delta_{avg}} \right)^2$$

Untuk mengetahui faktor amplifikasi (A_x), dicari δ_{max} , δ_{min} , δ_{avg} dengan besar nilai δ_{avg} adalah:

$$\delta_{avg} = \frac{\delta_{max} + \delta_{min}}{2}$$

Nilai-nilai δ_{max} , δ_{min} , δ_{avg} diambil dari kombinasi pembebanan terbesar atau kombinasi envelope. Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 10 struktur dikategorikan ketidakberaturan torsi 1a dan 1b bila ketentuan dibawah ini terpenuhi :

$\delta_{max} < 1,2\delta_{avg} \rightarrow$ Tanpa Ketidakberaturan Torsi

$1,2\delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1,4\delta_{avg} \rightarrow$ Ketidakberaturan Torsi 1a

$\delta_{max} > 1,4\delta_{avg} \rightarrow$ Ketidakberaturan Torsi 1b

Nilai dari δ_{max} , δ_{min} , δ_{avg} dan A_x untuk pembesaran gempa arah x atau sumbu arah-x dominan didapatkan

dari program bantu ETABS 15.0 terdapat dalam Tabel 4.26.

Tabel 4. 26. Nilai dari δ_{max} , δ_{min} , δ_{avg} untuk gempa arah X dominan

Story	δ_{max}	δ_{min}	δ_{avg}	$1,2 \delta_{avg}$	Ax	Kontrol Torsi
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
Story 1	1,1	0,98	1,04	1,25	0,78	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 2	2,8	2,3	2,55	3,06	0,84	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 3	4,6	3,8	4,20	5,04	0,83	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 4	6,9	5,5	6,20	7,44	0,86	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 5	9,4	7,5	8,45	10,14	0,86	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 6	12	9,6	10,8	12,96	0,86	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 7	15	12	13,5	16,20	0,86	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 8	18	14	16	19,20	0,88	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 9	22	17	19,5	23,40	0,88	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 10	25	19	22	26,40	0,90	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 11	28	22	25	30,00	0,87	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 12	27	26	26,5	31,80	0,72	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 13	30	29	29,5	35,40	0,72	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Story 14	33	31	32	38,40	0,74	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Dilihat dari Tabel 4.26 diatas terlihat bahwa $\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg}$ sehingga struktur bangunan tersebut termasuk kedalam kategori tanpa ketidakberaturan torsi dengan faktor amplikasi ($A_x < 1$).

4.5 Kompatibilitas Deformasi

Suatu kelompok kolom atau subsistem struktur gedung beloh dianggap tidak menjadi bagian sistem penahan beban lateral (SPBL) dari gempa rencana apabila partisipasi memikul pengaruh gempanya adalah kurang dari 10%. Pada perencanaan Struktur Gedung Hotel Golden Tulip Essensial menggunakan Sistem Rangka Gedung (SRG) yang bertujuan untuk melakukan pendetailan pada struktur SPBL yaitu dinding struktural akibat beban lateral yang diakibatkan oleh gempa serta struktur non SPBL yaitu balok dan kolom yang memenuhi syarat kompatibilitas deformasi. Pada analisis kompatibilitas deformasi ini mengacu pada SNI 1726:2002.

4.7.1 Deformasi pada Sistem Rangka Gedung

Pada hasil simpangan untuk Sistem Rangka Gedung dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan 4.19.

4.7.2 Deformasi Gempa Rencana

Dari hasil simpangan untuk gempa rencana dimana kekakuan struktur non SPBL diabaikan dalam menerima beban pada masing-masing arah diperlihatkan pada Tabel 4.27 dan 4.28.

Tabel 4. 27. Kontrol Simpangan arah X

Lantai	δx_e	δx	h_{sx}	Δx	Δa	Cek
	mm	mm	mm	mm	mm	
L-Atap	42,33	211,65	3100	18,15	62	OKE
L-13	38,7	193,5	3100	17,85	62	OKE
L12	35,13	175,65	3100	18,05	62	OKE
L11	31,52	157,6	3100	18,1	62	OKE
L10	27,9	139,5	3100	18,1	62	OKE
L9	24,28	121,4	3100	17,75	62	OKE
L8	20,73	103,65	3100	17,15	62	OKE
L7	17,3	86,5	3100	16,5	62	OKE
L6	14	70	3100	15	62	OKE
L5	11	55	3100	15	62	OKE
L4	8	40	3100	12,5	62	OKE
L3	5,5	27,5	3100	11	62	OKE
L2	3,3	16,5	3500	9,5	70	OKE
L1	1,4	7	4500	7	90	OKE
Base	0	0	0	0	0	-

Tabel 4. 28. Kontrol Simpangan arah Y

Lantai	δx_e	δx	h_{sx}	Δx	Δa	Cek
	mm	mm	mm	mm	mm	
L-Atap	29,55	147,75	3100	11,95	62	OKE
L-13	27,16	135,8	3100	12,35	62	OKE
L12	24,69	123,45	3100	12,6	62	OKE
L11	22,17	110,85	3100	12,7	62	OKE
L10	19,63	98,15	3100	12,65	62	OKE
L9	17,1	85,5	3100	12,4	62	OKE
L8	14,62	73,1	3100	12,1	62	OKE
L7	12,2	61	3100	11,65	62	OKE
L6	9,87	49,35	3100	10,85	62	OKE
L5	7,7	38,5	3100	10	62	OKE
L4	5,7	28,5	3100	9	62	OKE
L3	3,9	19,5	3100	7,5	62	OKE
L2	2,4	12	3500	7	70	OKE
L1	1	5	4500	5	90	OKE
Base	0	0	0	0	0	-

Untuk perhitungan balok dan kolom yang tidak termasuk struktur SPBL akan mengacu pada SNI 1726:2002 pasal 5.2.2 dimana pendetailan tergantung pada besaran momen yang timbul akibat simpangan $\frac{R}{1,6} \delta x e$. Dimana $\delta x e$ simpangan dari gempa rencana yang telah dianalisis. Untuk mengetahui besaran faktor yang digunakan dalam analisis sebagai berikut :

- Lantai atap

$$\frac{R}{1,6} \delta x e = \frac{6}{1,6} \times 42,33 = 158,74 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya akan dijabarkan pada Tabel 4.29 dan Tabel 4.30 sebagai berikut :

Tabel 4. 29. *Pembesaran Simpangan arah X*

Lantai	$\delta x e$	R	δs	
	mm		mm	m
L-Atap	42,33	6	158,74	0,16
L-13	38,7	6	145,13	0,15
L12	35,13	6	131,74	0,13
L11	31,52	6	118,20	0,12
L10	27,9	6	104,63	0,10
L9	24,28	6	91,05	0,09
L8	20,73	6	77,74	0,08
L7	17,3	6	64,88	0,06
L6	14	6	52,50	0,05
L5	11	6	41,25	0,04
L4	8	6	30,00	0,03
L3	5,5	6	20,63	0,02
L2	3,3	6	12,38	0,01
L1	1,4	6	5,25	0,01
Base	0	0	0	0

Tabel 4. 30. Pembesaran Simpangan Arah Y

Lantai	δx_e	R	δs	
	mm		mm	m
L-Atap	29,55	6	110,81	0,11
L-13	27,16	6	101,85	0,10
L12	24,69	6	92,59	0,09
L11	22,17	6	83,14	0,08
L10	19,63	6	73,61	0,07
L9	17,1	6	64,13	0,06
L8	14,62	6	54,83	0,05
L7	12,2	6	45,75	0,05
L6	9,87	6	37,01	0,04
L5	7,7	6	28,88	0,03
L4	5,7	6	21,38	0,02
L3	3,9	6	14,63	0,01
L2	2,4	6	9,00	0,01
L1	1	6	3,75	0,00
Base	0	0	0	0

4.7.3 Gaya Dalam akibat Kompatibilitas Deformasi

Gaya dalam akibat kompatibilitas deformasi yang telah dianalisis menggunakan simpangan dari gempa rencana didapatkan pada Tabel 4.31 , Tabel 4.33 dan Tabel 4.33 berikut :

1. Pada pelat/flat slab

Tabel 4. 31. Momen Arah X

Gaya Dalam			
Arah X		Jalur Kolom	Jalur Tengah
		kNm	kNm
Lantai	Tump. Kiri	238,447	38,099
	Lapangan	14,982	10,572
	Tump. Kanan	218,169	11,923

Tabel 4. 32. Momen Arah Y

Gaya Dalam			
Arah Y		Jalur Kolom	Jalur Tengah
		kNm	kNm
Lantai	Tump. Kiri	276,299	86,429
	Lapangan	31,108	25,718
	Tump. Kanan	102,892	29,557

2. Pada Balok

Tabel 4. 33. Gaya Dalam Balok Akibat Kompatibilitas

Gaya Dalam			
Posisi	Momen	Geser	Torsi
	kNm	kN	kNm
Tumpuan Kanan	101,32	113,32	72,55
Lapangan	56,33	42,96	
Tumpuan Kiri	72,34	87,49	

4.7.4 Perbandingan Momen

Perbandingan momen yang ditinjau adalah momen dari analisi pada sistem rangka gedung dengan momen analisis dari Kompatibilitas deformasi.

1. Pelat/Flat Slab

Gaya dalam yang terjadi pada analisis Sistem Rangka Gedung didapatkan pada Tabel 4.34 dan Tabel 4.35 berikut :

Tabel 4. 34. Momen Arah X

OUTPUT ETABS			
Arah X		Lajur Kolom	Lajur Tengah
LANTAI	Tump. Kiri	250,620	41,399
	Lapangan	15,527	16,055
	Tump. Kanan	220,857	12,344

Tabel 4. 35. Momen arah Y

OUTPUT ETABS			
Arah Y		Lajur Kolom	Lajur Tengah
LANTAI	Tump. Kiri	306,270	91,626
	Lapangan	37,227	26,932
	Tump. Kanan	112,064	36,941

Jika hasil Tabel 4.34 dan Tabel 4.35 dibandingkan dengan Gaya dalam dari analisis kompatibilitas deformasi pada Tabel 4.31 dan Tabel 4.32, maka didapatkan gaya dalam dengan menggunakan analisis sistem rangka gedung lebih besar. Oleh karena itu, perhitungan pendetailan tulangan menggunakan gaya dari analisis sistem rangka gedung dimana akan dijabarkan perhitungannya pada subbab 4.6.2 perhitungan pelat/flat slab.

2. Balok

Gaya dalam pada analisis Sistem Rangka Gedung didapatkan pada tabel 4.36 berikut ;

Tabel 4. 36. Gaya dalam balok

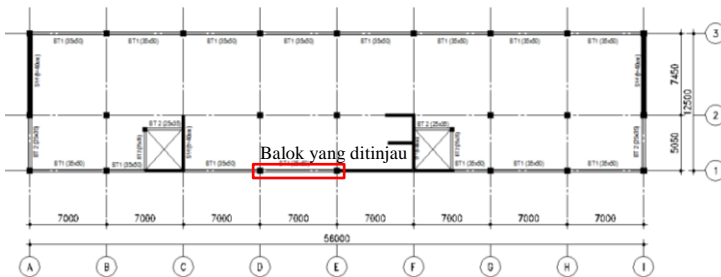
Gaya Dalam			
Letak	Momen	Geser	Torsii
	kNm	kN	kNm
Tumpuan Kanan	184,45	113,32	106,66
Lapangan	56,33	42,96	
Tumpuan Kiri	152,48	87,49	

Jika hasil pada Tabel 4.36 dibandingkan dengan Gaya dalam Momen dan torsi dari analisis kompatibilitas deformasi pada tabel 4.33, maka didapatkan gaya dalam dengan menggunakan analisis sistem rangka gedung lebih besar walaupun untuk gaya geser memiliki nilai yang sama. Oleh karena itu, perhitungan pendetailan tulangan balok tepi menggunakan gaya dari analisis sistem rangka gedung dimana akan dijabarkan perhitungannya pada subbab 4.6.1 Perhitungan Balok Tepi.

4.6 Perencanaan Struktur Primer

4.6.1 Perencanaan Balok Tepi

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Didalam preliminary design gedung hotel “Golden Tulip Essensial” direncanakan balok tepi sebesar 35/50 dengan panjang bentang 7m dan balok yang ditinjau sesuai pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 23. Denah Balok yang ditinjau

4.6.1.1 Data Perencanaan

Data Perencanaan yang diperlukan meliputi :

- Mutu Beton (f_c) = 35 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa
- Dimensi Balok = 35/50 cm
- Diameter tul. Longitudinal = 22 mm
- Diameter tul. Sengkang = 13 mm
- Diameter tul. Torsi = 22 mm
- Jarak spasi tul. sejajar (S sejajar) = 25 mm
- Jarak spasi tulangan antar lapis = 25 mm
- Tebal selimut beton (t decking) = 40 mm
- Faktor β_1 = 0,80
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,9

- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) = 0,75
- Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) = 0,75
- Tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \varnothing \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul.lentur}$$

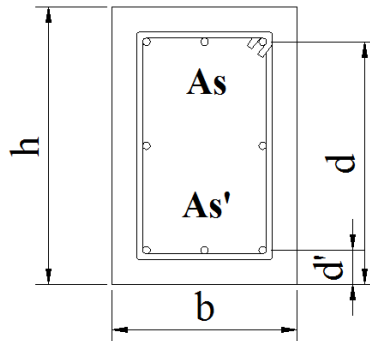
$$= 500 - 40 - 13 - (\frac{1}{2} \cdot 22)$$

$$= 436 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul.lentur}$$

$$= 40 + 13 + (\frac{1}{2} \cdot 22)$$

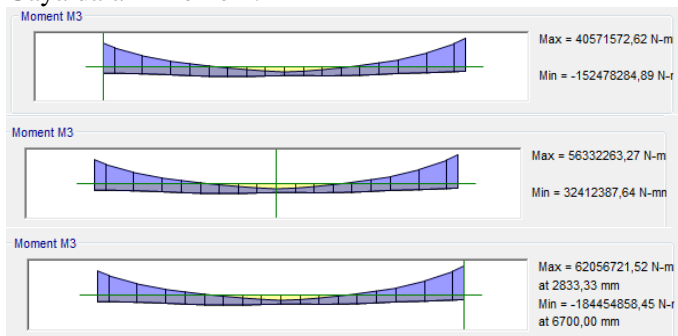
$$= 64 \text{ mm}$$



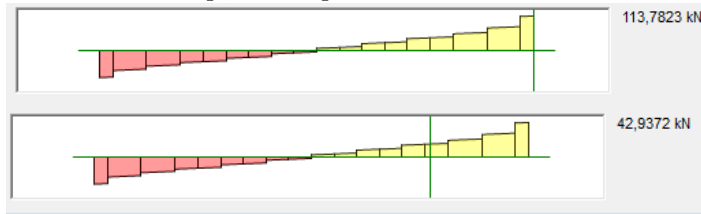
Gambar 4. 24. Tinggi Efektif Balok

Output gaya dalam dari ETABS 15.0 :

Gaya dalam Momen :



Gaya dalam Geser :
Beban Gravitasi [1,2D+1L]



Gaya Dalam Torsi :



4.6.1.2 Penulangan Torsi

Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh torsi harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut:

$$\phi T_n = T_u \text{ (SNI 2487:2013 Ps. 11.5.3.5)}$$

Dimana, T_n = Kuat momen torsi ($T_c + T_s > T_{min}$)

Sesuai peraturan SNI 2847:2013 Ps. 11.5.1 pengaruh torsi balok diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u kurang dari :

$$T_{u_{min}} = \phi 0,083 \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

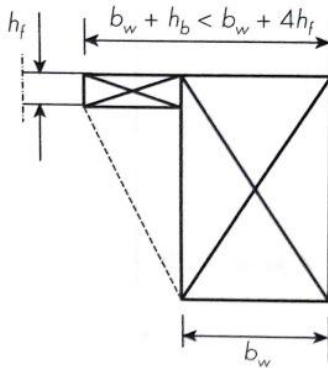
ϕ = Faktor reduksi kekuatan

f_c = Kuat Tekan Beton , Mpa

A_{cp} = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm^2

P_{cp} = Keliling luar penampang beton, mm

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir. Diasumsikan bagian sayap ikut berperan memikul torsi sehingga b_w tidak boleh lebih dari $4h_f = 4(250) = 1000$ mm.



Gambar 4. 25. Penampang Balok L

Panjang efektif sayap,

$$h_w = b_w + h_b < b_w + 4h_f$$

$$350 - (500 - 250) < 350 + 4 \times 250$$

$$600 \text{ mm} < 1350 \text{ mm} \rightarrow h_w = 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{cp} &= (b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}}) + (b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}}) \\ &= (350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}) + (350 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}) \\ &= 262.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 4 \times b_w + 2 \times h \\ &= (4 \times 350 \text{ mm}) + (2 \times 500 \text{ mm}) \\ &= 2400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \times (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \\ &= (350 - (2 \cdot 40) - 13) \times (500 - (2 \cdot 40) - 13) \\ &= 207057,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} Ph &= 2x[(b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}})] \\ &= 2 \times [(350 - (2 \cdot 40) - 13) + (500 - (2 \cdot 40) - 13)] \\ &= 2.718 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada ETABS 15.0 diperoleh momen puntir :

$$\mathbf{T_u = 106.661.311,49 \text{ Nmm}}$$

Pada kasus ini balok tepi termasuk torsi kompatibilitas dimana dapat terjadi redistribusi puntir sehingga berdasarkan SNI 2847;2013 Ps. 11.5.2.2(a) maka momen puntir terfaktor maksimum dapat direduksi sesuai persamaan berikut :

$$T_u < \emptyset 0,083 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \emptyset 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \left(\frac{262500^2}{2400} \right)$$

$$T_u > 10.573.548 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{\text{Membutuhkan Tul. Torsi}}$$

Jadi, Penampang balok tepi memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang

Cek Kecukupan penampang untuk menahan momen puntir.

$$T_u = 106.661.311,49 \text{ Nmm}$$

$$T_n = \frac{106.661.311,49 - 10.573.548}{0,75} = 128.117.017,64 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 171.225,34 \text{ N}$$

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7 \times A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \times \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right)$$

$$3,4 \leq 4,66 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

1. Penulangan Torsi Geser

$$S = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 A_{oh} = 0,85 \times 207057,25 \text{ mm}^2 \\ &= 175.998,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan luas sengkang torsi perimeter

(SNI 2847;2013 Ps. 11.5.3.6)

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_{oh} \times f_y \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{128.117.017,64 \text{ Nmm}}{2 \times 175.998,66 \times 400 \times \cot 45}$$

$$A_t/s = 0,91 \text{ mm}^2$$

2.

3. Penulangan Torsi Memanjang

SNI 2847;2013 Ps. 11.5.3.7

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \frac{f_y \text{ geser}}{f_y \text{ lentur}} \times \cot^2 45^\circ$$

$$A_l = 0,91 \times 2718 \times \frac{400}{400} \times \cot^2 45^\circ$$

$$A_l = 3486,823 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas Penampang Torsi

$$A_l = 3486,823 \text{ mm}^2$$

$$A_l > \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y \text{ lentur}} - \frac{A_v}{s} \times Ph \times \frac{f_y \text{ geser}}{f_y \text{ lentur}}$$

$$A_l > \frac{0,42 \sqrt{35} 262.500}{400} - \frac{A_v}{1000} \times 2718 \times \frac{400}{400}$$

$$3486,823\text{mm}^2 > 1617,67 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar $3878,684 \text{ mm}^2$. Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$A_l = 3486,823\text{mm}^2$$

$$1/4 A_l = 871,71 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka, sisi atas dan bawah balok masing-masing mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar $871,71 \text{ mm}^2$

Pada sisi kanan dan kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times 871,71 = 1743,4 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\Sigma \text{ Tul. pasang} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luasan tulangan puntir}}$$

$$\Sigma \text{ Tul. pasang} = \frac{1743,4}{380,13}$$

$$\Sigma \text{ Tul. pasang} = 4,6 \approx 6 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan puntir 6 – D22

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang puntir}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan tulangan puntir} \\ &= 6 \times 380,13 \\ &= 2280,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang \geq As perlu

$$2280,8 \text{ mm}^2 \geq 1743,4 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

4.6.1.3 Penulangan Lentur

Perencanaan balok tepi dimana untuk merencanakan tulangan lentur diperhitungkan gaya gempa arah bolak balik (kanan-kiri) yang akan dihasilkan momen positif dan momen negatif pada tumpuan. Hasil perencanaan tulangan yang nantinya akan digunakan merupakan kombinasi dari perencanaan bertahap tersebut dengan mengambil jumlah tuangan yang terbesar.

⇒ **Tulangan Tumpuan Kanan**

Direncanakan Menggunakan tulangan D22

▪ **Perhitungan tulangan Tarik**

$$M_u = -184.454.858,45 \text{ Nmm}$$

Diasumsikan $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{184.454.858,45}{0,9 \times 350 \times 436^2} = 3,08$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 3,08}{400}} \right) = 0,0082 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,8 \times \left(\frac{35}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0379 \end{aligned}$$

$$\rho_{pakai} = 0,0082$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho b d \\ &= 0,0082 \times 350 \text{ mm} \times 436 \text{ mm} \\ &= 1243,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} + A_I &= 1243,27 \text{ mm}^2 + 871,71 \text{ mm}^2 \\ &= 2114,97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 350 \times 436 = 564,25 \text{ mm}^2 \\ A_{s_{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 350 \times 436 = 534,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{perlu}}$ sebesar 2114,97 mm²

$$\sum \text{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s D22} = \frac{2114,97}{380,1} = 5,56 \approx 6 \text{ buah}$$

Maka, dipasang tulangan 6D22 ($A_{spakai} = 2280,79 \text{ mm}^2$)

▪ Perhitungan tulangan Tekan

$$M_u = 61.484.952,82 \text{ Nmm}$$

$$\text{Diasumsikan } \phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b x d^2} = \frac{61.484.952,82}{0,9 \times 350 \times 436^2} = 1,04$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 1,04}{f_y 400}} \right) = 0,0026$$

ppakai = 0,0026

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0026 \times 350 \text{ mm} \times 436 \text{ mm} \\ &= 402,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} + A_l &= 402,5 \text{ mm}^2 + 871,71 \text{ mm}^2 \\ &= 1274,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 350 \times 436 = 564,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 350 \times 436 = 534,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{pakai}}}$ sebesar 1274,21 mm²

$$\sum \text{tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D22}}} = \frac{1274,21}{380,1} = 3,35 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka, dipasang tulangan 4D22 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1520,53 \text{ mm}^2$)

▪ Kontrol Kondisi Penampang

- Kontrol kondisi penampang

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{2280,79 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 88 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times (f'_c - 28) / 7) \\ &= 0,85 - (0,05 \times (35 - 28) / 7) = 0,80 \end{aligned}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{88}{0,80} = 109,5 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$c = 0,375 d \geq c = 109,5$$

$$= 165 > 109,5 \rightarrow \text{terkendali tarik}$$

▪ Kontrol Momen Rencana

$$M_n = M_{nc} + M_{ns}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= 0,85 \times f_c \times b \times a \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0,85 \times 35 \times 350 \times 88 \times \left(350 - \frac{88}{2}\right) \\ &= 280.387.800 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ns} &= A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{h_f}{2}\right) \\ &= 1520,53 \times 400 \times \left(350 - \frac{436}{2}\right) \\ &= 80.283.984 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 280.387.800 \text{ Nmm} + 80.283.984 \text{ Nmm} \\ &= 360.671.784 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$288.537.427,2 \text{ Nmm} > 184.454.858,45 \text{ Nmm} \quad [\text{ok}]$$

▪ Kontrol Jarak antar tulangan tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ S_{\text{maks}} &= \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (6 \times 22)}{6 - 1} = 25,6 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$22,2 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{dipakai tulangan 2 lapis})$$

▪ **Kontrol Jarak antar tulangan tekan**

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \emptyset_{geser}) - (jml \text{ tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (4 \times 22)}{4 - 1} = 56,33 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$56,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (dipakai tulangan 1 lapis)}$$

⇒ **Tulangan Lapangan**

▪ **Perhitungan tulangan Tekan**

$$M_u = 56.332.263,27 \text{ Nmm}$$

$$\text{Diasumsikan } \emptyset = 0,9$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{56.332.263,27}{0,9 \times 350 \times 436^2} = 0,9$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,9}{400}} \right) = 0,0024$$

$$\rho_{\text{balance}} = 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,85 \times 0,8 \times \left(\frac{35}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0379$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0024$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0,0024 \times 350 \text{ mm} \times 436 \text{ mm}$$

$$= 364,76 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} + A_l &= 364,76 \text{ mm}^2 + 871,71 \text{ mm}^2 \\ &= 1236,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 350 \times 436 = 564,25 \text{ mm}^2 \\ A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 350 \times 436 = 534,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar $1236,46 \text{ mm}^2$

$$\Sigma \text{tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s D22} = \frac{1236,46}{380,1} = 3,25 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka, dipasang tulangan 4D22 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1520,53 \text{ mm}^2$)

▪ **Perhitungan tulangan Tarik**

$$M_u = -32.412.387,64 \text{ Nmm}$$

Diasumsikan $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{32.412.387,64}{0,9 \times 350 \times 436^2} = 0,5$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,5}{400}} \right) = 0,0014 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0013$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0014 \times 350 \text{ mm} \times 436 \text{ mm} \\
 &= 208,42 \text{ mm}^2 \\
 A_{s_{\text{perlu}}} + A_I &= 208,42 \text{ mm}^2 + 871,71 \text{ mm}^2 \\
 &= 1080,12 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Syarat Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 350 \times 436 = 564,25 \text{ mm}^2 \\
 A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{1,4}{400} \times 350 \times 436 = 534,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{pakai}}}$ sebesar $1080,12 \text{ mm}^2$

$$\sum \text{tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D22}}} = \frac{1080,12}{380,1} = 2,84 \approx 3 \text{ buah}$$

Maka, dipasang tulangan 3D22 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1140,4 \text{ mm}^2$)

▪ Kontrol Regangan

- Kontrol kondisi penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1520,53 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times (f'_c - 28) / 7) \\
 &= 0,85 - (0,05 \times (35 - 28) / 7) = 0,80
 \end{aligned}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{58}{0,80} = 73,01 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$c = 0,375 \text{ dt} \geq c = 73,01$$

$$= 165 > 73,01 \rightarrow \text{terkendali tarik}$$

- **Kontrol Momen Rencana**

$$M_n = M_{nc} + M_{ns}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= 0,85 \times f_c \times b \times a \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0,85 \times 35 \times 350 \times 58 \times \left(350 - \frac{58}{2}\right) \\ &= 193.859.925 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ns} &= A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{h_f}{2}\right) \\ &= 1140,4 \times 400 \times \left(350 - \frac{436}{2}\right) \\ &= 60.213.120 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 193.859.925 \text{ Nmm} + 60.213.120 \text{ Nmm} \\ &= 254.073.045 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$203.258.436 \text{ Nmm} > 56.332.263,27 \text{ Nmm} \quad [\text{ok}]$$

- **Kontrol Jarak antar tulangan**

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (4 \times 22)}{4 - 1} = 56,33$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$56,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{dipakai tulangan 1 lapis})$$

⇒ **Tulangan Tumpuan Kiri**

- **Perhitungan tulangan Tarik**

$$M_u = 152.478.284,89 \text{ Nmm}$$

$$\text{Diasumsikan } \phi = 0,9$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b x d^2} = \frac{152.478.284,89}{0,9 \times 350 \times 436^2} = 2,5$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 2,5}{400}} \right) = 0,0066 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,8 \times \left(\frac{35}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0379 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0066$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\ &= 0,0066 \times 350 \text{ mm} \times 436 \text{ mm} \\ &= 1017,013 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} + A_l &= 1017,013 \text{ mm}^2 + 871,71 \text{ mm}^2 \\ &= 1888,719 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} x b w x d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} x 350 x 436 = 564,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} x b w x d \\ &= \frac{1,4}{400} x 350 x 436 = 534,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{perlu}}$ sebesar 1888,719 mm²

$$\Sigma \text{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s D22} = \frac{1888,719}{380,1} = 4,97 \approx 5 \text{ buah}$$

Maka, dipasang tulangan 5D22 ($A_{spakai} = 1900,66 \text{ mm}^2$)

▪ Perhitungan tulangan Tarik

$$M_u = 50.826.094,96 \text{ Nmm}$$

Diasumsikan $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b x d^2} = \frac{50.826.094,96}{0,9 \times 350 \times 436^2} = 0,8$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,8}{400}} \right) = 0,0022 \end{aligned}$$

$$\rho_{pakai} = 0,0022$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho b d \\ &= 0,0022 \times 350 \text{ mm} \times 436 \text{ mm} \\ &= 328,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} + A_I &= 328,57 \text{ mm}^2 + 871,71 \text{ mm}^2 \\ &= 1200,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 350 \times 436 = 564,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b w \times d \\
 &= \frac{1,4}{400} \times 350 \times 436 = 534,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{pakai}}}$ sebesar 1200,28 mm²

$$\sum \text{tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D22}}} = \frac{1200,28}{380,1} = 43,16 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka, dipasang tulangan 4D22 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1520,53 \text{ mm}^2$)

▪ Kontrol Regangan

- Kontrol kondisi penampang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1900,66 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} = 73 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - (0,05 \times (f'_c - 28) / 7)$$

$$= 0,85 - (0,05 \times (35 - 28) / 7) = 0,80$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{73}{0,80} = 91,27 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$c = 0,375 \text{ dt} \geq c = 91,27$$

$$= 165 > 91,27 \rightarrow \text{terkendali tarik}$$

▪ Kontrol Jarak antar tulangan tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (5 \times 22)}{5 - 1} = 36,75$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$36,75 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

▪ **Kontrol Momen Rencana**

$$M_n = M_{nc} + M_{ns}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= 0,85 \times f_c \times b \times a \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0,85 \times 35 \times 350 \times 73 \times \left(350 - \frac{37}{2}\right) \\ &= 251.977.293,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ns} &= A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{h_f}{2}\right) \\ &= 1520,53 \times 400 \times \left(350 - \frac{436}{2}\right) \\ &= 80.283.984 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 251.977.293,8 \text{ Nmm} + 80.283.984 \text{ Nmm} \\ &= 332.261.277,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$265.809.022,2 \text{ Nmm} > 152.478.284,89 \text{ Nmm} \quad [\text{ok}]$$

▪ **Kontrol Jarak antar tulangan tarik**

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (4 \times 22)}{4 - 1} = 56,33$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$56,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{dipakai tulangan 1 lapis})$$

Rekapitulasi Tulangan

- Akibat momen tump. Kanan

$$\text{Tul. Atas} = 6D22$$

$$\text{Tul. Bawah} = 4D22$$

- Akibat momen lapangan

$$\text{Tul. Atas} = 3D22$$

$$\text{Tul. Bawah} = 4D22$$

- Akibat momen tump. Kiri

$$\text{Tul. Atas} = 5D22$$

$$\text{Tul. Bawah} = 4D22$$

Sehingga jumlah tulangan yang terpasang merupakan jumlah terbesar yang dihasilkan dari masing-masing nilai momen diatas maka,

- Akibat momen tumpuan
 Tul. Atas = 6D22
 Tul. Bawah = 4D22
- Akibat momen lapangan
 Tul. Atas = 3D22
 Tul. Bawah = 4D22

4.6.1.4 Penulangan Geser

Sesuai peraturan SNI 2847;2013 Ps. 11 mengenai geser. Perencanaan penampang yang diakibatkan geser harus didasarkan pada perumusan :

$$\phi V_n = V_u \quad (\text{SNI 2487:2013 Ps. 11.1})$$

Dengan V_u merupakan gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n merupakan kuat geser nominal yang ditinjau dari :

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

V_u = Geser pada terfaktor penampang yang ditinjau

ϕ = Faktor reduksi geser (0,75)

V_n = Kuat geser nominal

V_c = Kuat geser beton

V_s = Kuat geser nominal tulangan geser

Didapatkan Output dari ETABS 15.0 sebesar

$$V_{u_{\text{TUMPUAN}}} = 113.782,3 \text{ N}$$

$$V_{u_{\text{LAPANGAN}}} = 42.937,2 \text{ N}$$

Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \lambda \sqrt{f_c} b w d \\
 &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \text{ Mpa} \times 350 \text{ mm} \times 436 \text{ mm} \\
 &= 153.474,94 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_{c_1} &= 0,33 \sqrt{f_c} b w d \\
 &= 0,33 \sqrt{35} \text{ Mpa} \times 350 \text{ mm} \times 436 \text{ mm} \\
 &= 297.921,95 \text{ N} \\
 V_{c_2} &= 0,66 \sqrt{f_c} b w d \\
 &= 0,66 \sqrt{35} \text{ Mpa} \times 350 \text{ mm} \times 436 \text{ mm} \\
 &= 595.843,89 \text{ N}
 \end{aligned}$$

1. Daerah Tumpuan

$V_u > \phi V_c \rightarrow$ Membutuhkan Tulangan Geser

$$113.782,3 \text{ N} > 0,75 \times 153.474,94 \text{ N}$$

$113.782,3 \text{ N} < 115.898,22 \text{ N} \rightarrow$ Tdk membutuhkan Tul. Geser

Hitung Jarak Tul. Sengkang

Direncanakan tulangan geser D13mm dengan sengkang 2 kaki, maka ;

$$A_{v\text{perlu}} = 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2 = 265,46 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser perlu

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v}{\left(2 \times \frac{a_t}{s}\right) + \frac{A_v}{s}} = \frac{265,46 \text{ mm}^2}{(2 \times 0,91)} = 145,9 \text{ mm}$$

Jarak Maksimum

$$S_2 = d/2 = 436/2 = 218 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{A_v \times f_y}{0,35 b w} = \frac{1265,465 \times 400}{0,35 \times 350} = 866,6 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{A_v \times f_y}{0,062 \sqrt{f_c} b w} = \frac{265,465 \times 400}{0,062 \sqrt{35} \times 350} = 827,1 \text{ mm}$$

$$S_4 < 600 \text{ mm}$$

Dari syarat diatas maka diambil jarak antar sengkang terkecil sebesar 145,9 mm. Jadi dibutuhkan tulangan geser 2D13-125 mm

Kontrol Kuat Geser

V_s tidak boleh lebih besar dari $V_{s_{\max}}$ berdasarkan SNI 2847;2013 ps. 11.4.7.9 :

$$\begin{aligned} V_{s_{\max}} &= 0,66 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d \\ &= 0,66 \times \sqrt{35 \text{ Mpa}} \times 350 \times 436 \\ &= 595.843,89 \text{ N} \quad [\text{ok}] \end{aligned}$$

Dan ps. 11.4.5.3

$$\begin{aligned} V_{s_{\max}} &= 0,33 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{35 \text{ Mpa}} \times 350 \times 436 \\ &= 297.921,95 \text{ N} \quad [\text{ok}] \end{aligned}$$

2. Daerah Lapangan

$V_u > \phi V_c \rightarrow$ **Membutuhkan Tulangan Geser**

$$42.937,2 \text{ N} > 0,75 \times 153.474,94 \text{ N}$$

$42.937,2 \text{ N} < 115.898,22 \text{ N} \rightarrow$ **Tidak Membutuhkan Tul. Geser**

Hitung Jarak Tul. Sengkang

Direncanakan tulangan geser D13mm dengan sengkang 2 kaki ;

$$A_{v\text{perlu}} = 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2 = 265,46 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser perlu

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v}{\left(2x \frac{a_t}{s}\right) + \frac{A_v}{s}} = \frac{265,46 \text{ mm}^2}{(2 \times 0,91)} = 145,9 \text{ mm}$$

Gaya geser yang harus dipikul Tul. Geser minimum

Jarak Maksimum

$$S_2 = d/2 = 436/2 = 218 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{A_v \times f_y}{0,35 b_w} = \frac{157,08 \times 400}{0,35 \times 350} = 512,9 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{A_v \times f_y}{0,062 \sqrt{f_c} b_w} = \frac{157,08 \times 400}{0,062 \sqrt{35} 350} = 489,4 \text{ mm}$$

$$S_4 < 600 \text{ mm}$$

Dari syarat diatas maka diambil jarak antar sengkang sebesar 145,9 mm. Jadi dibutuhkan tulangan geser 2D13-125 mm.

4.6.1.5 Kontrol Retak

Spasi tulangan terdekat kemuka tarik, S, tidak boleh melebihi yang diberikan oleh :

$$S = 380 \frac{280}{f_s} - 2,5 C_c$$

Tetapi tidak ebih besar dari ;

$$S = 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C_c &= d + dtul \\ &= 40 + 22 = 62 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_s &= 2/3 \times f_y \\ &= 2/3 \times 400 \text{ Mpa} = 267 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} S &= 380 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - [2,5 \times C_c] \\ &= 380 \times \left(\frac{280}{267} \right) - [2,5 \times 62] = 316 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Dan tidak lebih dari ,

$$S = 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \times \left(\frac{280}{267} \right) = 314 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

4.6.1.6 Kontrol Lendutan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5.(b), lendutan maksimum adalah $L/180$.

$$\delta_{ijin} = L/180 = 700/180 = 3,89 \text{ cm}$$



Gambar 4. 26. Output Lendutan

$$\delta_{terjadi} = 0,23 \text{ cm (Output ETABS 15.0)}$$

Syarat,

$$\delta < \delta_{ijin}$$

$$0,23 \text{ cm} < 3,89 \text{ cm} \quad (\mathbf{OK})$$

4.6.1.7 Panjang Penyaluran

Perhitungan panjang penyaluran tulangan D22 berdasarkan SNI 2947;2013 Ps.12.2

Panjang penyaluran :

$$ld = \left(\frac{fy \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \right) \times db$$

Dimana :

$$db = 22 \text{ mm}$$

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$ld = \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{35}} \right) \times 22 = 874,98 \text{ mm} \approx 900 \text{ mm}$$

Dipakai panjang penyaluran tulangan tarik 900 mm

4.6.1.8 Angkur Tulangan (Kait)

Kait tulangan digunakan sebagai angkur tambahan pada suatu keadaan apabila daerah angkur tersedia pada elemen struktur tidak mencukupi kebutuhan panjang penyaluran tulangan lurus.

Sesuai SNI 2847:2013 Ps. 12.5 panjang penyaluran untuk batang ulir dalam kondisi tarik yang terakhir pada suatu kait standart harus dihitung dengan mengalihkan panjang penyaluran dasar dengan faktor modifikasi yang berlaku sesuai SNI 2847;2013 Ps. 12.5.3

Faktor modifikasi , $f = 0,7$

$$ldh = \left(\frac{0,24 \times \psi_t \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c}} \right) \times db$$

$$ldh = 0,7 \times \left(\frac{0,24 \times 1 \times 400}{1 \times \sqrt{35}} \right) \times 22 \text{ mm} = 249,9 \text{ mm}$$

Syarat :

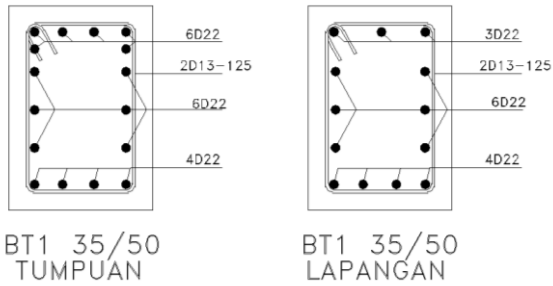
$$Ldh > 8db = 176 \text{ mm}$$

$$Ldh = 249,9 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm} > 176 \text{ mm} \quad \textbf{(OKE)}$$

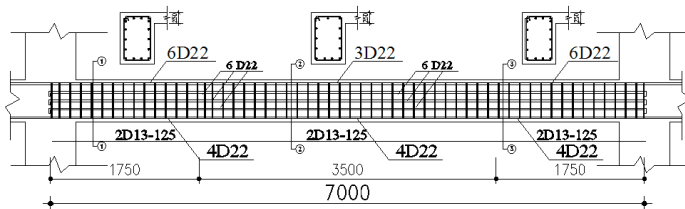
Jadi panjang angkur 250 mm.

Sket Penulangan Balok Tepi

Gambar penulangan balok tepi ditunjukkan pada Gambar 4.27 dan Gambar 4.28.



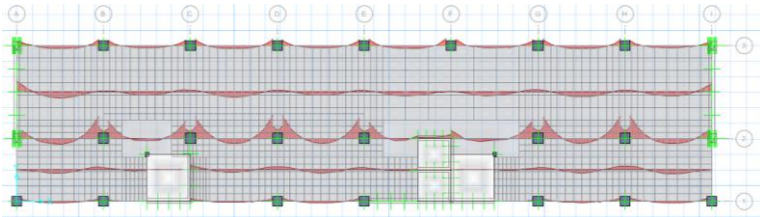
Gambar 4. 27. Penampang Balok Tepi BT 35/50



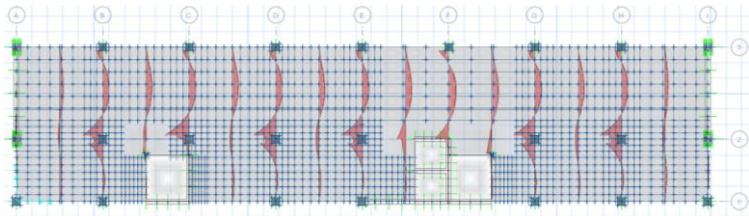
Gambar 4. 28. Detail penulangan Balok Tepi BT 35/50

4.6.2 Perencanaan Pelat/Flat Slab

Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS menghasilkan momen rata-rata pada pelat. Hasil momen tersebut akan digunakan untuk merencanakan tulangan pelat lantai 1 s/d 12 dan atap. Momen yang digunakan untuk merencanakan tulangan pelat adalah momen rata-rata terbesar dari kombinasi beban lantai. Berikut merupakan contoh gambar hasil momen max yang didapatkan dari program bantu ETABS pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30.



Gambar 4. 29. Hasil Output Momen Lantai arah X



Gambar 4. 30. Hasil Output Momen Lantai arah X

Didapatkan momen pelat dari program bantu ETABS pada Tabel 4.37 dan Tabel 4.38 :

Tabel 4. 37. Momen Arah Xx

OUTPUT ETABS			
Arah X		Lajur Kolom	Lajur Tengah
LANTAI	Tump. Kiri	250.620.000	41.399.000
	Lapangan	15.527.000	16.055.000
	Tump. Kanan	220.857.000	12.344.000

Tabel 4. 38. Momen Arah Y_y

OUTPUT ETABS			
Arah Y		Lajur Kolom	Lajur Tengah
LANTAI	Tump. Kiri	306.270.000	91.626.000
	Lapangan	37.227.000	26.932.000
	Tump. Kanan	112.064.000	36.941.000

4.6.2.1 Perencanaan Tulangan Lentur Pelat

Pengaturan tulangan lentur pelat dua arah tanpa balok diatur dalam SNI 03 2847:2013 ps. 21.3.6 pengaturan tersebut menyangkut banyaknya tulangan yang harus dipasang menerus sepanjang kolom.

Paling sedikit seperempat dari seluruh jumlah tulangan atas jalur kolom didaerah tumpuan harus dipasang menerus dikeseluruhan panjang bentang . jumlah tulangan bawah yang menerus pada jalur kolom tidak boleh kurang dari sepertiga jumlah tulangan atas jalur kolom didaerah tumpuan.

Data Perencanaan

- Mutu Beton (f_c) = 35 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa
- h pelat = 250 mm
- h drop panel = 120 mm
- dimensi drop panel = 3000 x 3000 mm
- Dimensi kolom
 - Lantai 1 – 4 = 800 x 800 mm
 - Lantai 5 – 10 = 700 x 700 mm
 - Lantai 10 – 12 = 600 x 600 mm
- Cover beton = 20 mm
- Diameter tul. Utama = 19 mm
- Ukuran Pelat
 - L_1 = 7450 mm
 - L_2 = 7000 mm

- $L_3 = 5050 \text{ mm}$
- $d_{\text{pelat}} = 250 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm}$
 $= 220,5 \text{ mm}$
- $d_{\text{dp}} = 370 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm}$
 $= 340,5 \text{ mm}$
- $d' = 250 \text{ mm} - 220,5 \text{ mm} = 29,5 \text{ mm}$
- $b = 1000 \text{ mm}$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan ;

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,8 \times \left(\frac{35}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0379\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = \frac{0,75 \times \rho_b}{f_y} = \frac{0,284}{400}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

1. Perencanaan Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom

a. Arah X

Coloumn Strip (Arah X)	Mu (Nmm)
Tumpuan Kiri	250.620.000
Lapangan	15.527.000
Tumpuan Kanan	220.857.000

⇒ **Tulangan Tumpuan Kiri**

✓ Tulangan Tarik

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$M_u = 250.620.000 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{250.620.000}{0,9 \times 1000 \times 340,5^2} = 2,4$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 2,38}{400}} \right) = 0,0063\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0063$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0063 \times 1000 \text{ mm} \times 220,5 \text{ mm} \\ &= 2134,02 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{fy} \times bw \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 1000 \times 340,5 = 1259,02 \text{ mm}^2 \\ A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{fy} \times bw \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 340,5 = 1191,75 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar 2134,02 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-125 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 2268,23 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1}{4} \times A_s \\ &= \frac{1}{4} \times 2268,23 \text{ mm}^2 = 567,1 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{min}}} &\geq \frac{1}{3} A_s \\ A_{s_{\text{min}}} &\geq \frac{1}{3} 2268,23 \text{ mm}^2 \\ A_{s_{\text{min}}} &\geq 756 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-200 ($A_{s_{pakai}} = 1134,115 \text{ mm}^2$)

⇒ Tulangan Lapangan

✓ Tulangan Tekan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$M_u = 15.527.000 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{15.527.000}{0,9 \times 1000 \times 220,5^2} = 0,35$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,35}{400}} \right) = 0,0009 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0009$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\ &= 0,0009 \times 1000 \text{ mm} \times 220,5 \text{ mm} \\ &= 198,45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 1000 \times 220,5 = 815,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 220,5 = 771,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar $815,85 \text{ mm}^2$

Maka, dipasang tulangan D19-200 ($A_{s_{pakai}} = 945,1 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= \frac{1}{4} \times A_s \\ &= \frac{1}{4} \times 945,1 \text{ mm}^2 = 236,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Tarik

Persyaratan SNI 2847:2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &\geq \frac{1}{3} A_s \\ A_{s_{\min}} &\geq \frac{1}{3} 945,1 \text{ mm}^2 \\ A_{s_{\min}} &\geq 315 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-400 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 567,06 \text{ mm}^2$)

⇒ **Tulangan Tumpuan Kiri**

✓ Tulangan Tekan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$M_u = 220.857.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{220.857.000}{0,9 \times 1000 \times 340,5^2} = 2,12$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 2,12}{400}} \right) = 0,0055 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0055$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\ &= 0,0055 \times 1000 \text{ mm} \times 340,5 \text{ mm} \\ &= 1870,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 1000 \times 340,5 = 1259,02 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 340,5 = 1191,75 \text{ mm}^2$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar 1870,84 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-125 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 2268,23 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$A_{s_{\min}} = \frac{1}{4} \times A_s$$

$$= \frac{1}{4} \times 2268,23 \text{ mm}^2 = 567,1 \text{ mm}^2$$

Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$A_{s_{\min}} \geq \frac{1}{3} A_s$$

$$A_{s_{\min}} \geq \frac{1}{3} 2268,23 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\min}} \geq 756 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-200 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1134,115 \text{ mm}^2$)

b. Arah Y

Coloumn Strip (Arah Y)	Mu (Nmm)
Tumpuan Kiri	306.270.000
Lapangan	37.227.000
Tumpuan Kanan	112.064.000

⇒ **Tulangan Tumpuan Kiri**

✓ Tulangan Tarik

Direncanakan menggunakan tulangan D19

Mu= 306.270.000Nmm

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b x d^2} = \frac{306.270.000}{0,9 \times 1000 \times 340,5^2} = 2,9$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 2,38}{400}} \right) = 0,0077 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0077$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\ &= 0,0077 \times 1000 \text{ mm} \times 340,5 \text{ mm} \\ &= 2635,69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} x b w x d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} x 1000 x 340,5 = 1259,02 \text{ mm}^2 \\ A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} x b w x d \\ &= \frac{1,4}{400} x 1000 x 340,5 = 1191,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar 2635,69 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-100 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 2835,29 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1}{4} x A_s \\ &= \frac{1}{4} x 2835,29 \text{ mm}^2 = 708,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$A_{smin} \geq 1/3 A_s$$

$$A_{smin} \geq 1/3 \times 2835,29 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} \geq 945,1 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-200 ($A_{s_{pakai}} = 1134,115 \text{ mm}^2$)

⇒ Tulangan Lapangan

✓ Tulangan Tekan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$M_u = 37.227.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{37.227.000}{0,9 \times 1000 \times 220,5^2} = 0,85$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,85}{400}} \right) = 0,0022$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0022$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0,0022 \times 1000 \text{ mm} \times 220,5 \text{ mm}$$

$$= 815,31 \text{ mm}^2$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d$$

$$= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 1000 \times 220,5 = 815,85 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{1,4}{f_y} \times b w \times d$$

$$= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 220,5 = 771,75 \text{ mm}^2$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar $815,85 \text{ mm}^2$

Maka, dipasang tulangan D19-200 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1134,115 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= \frac{1}{4} \times A_s \\ &= \frac{1}{4} \times 1134,115 \text{ mm}^2 = 283,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Tarik

Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$A_{s_{\min}} \geq \frac{1}{3} A_s$$

$$A_{s_{\min}} \geq \frac{1}{3} 1134,115 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\min}} \geq 378 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-400 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 708,82 \text{ mm}^2$)

⇒ Tulangan Tumpuan Kiri

✓ Tulangan Tekan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$M_u = 112.064.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{112.064.000}{0,9 \times 1000 \times 340,5^2} = 2,56$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 2,56}{400}} \right) = 0,0067 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0067$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0067 \times 1000 \text{ mm} \times 340,5 \text{ mm} \\ &= 2282,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 1000 \times 340,5 = 1259,02 \text{ mm}^2 \\
 A_{s_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 340,5 = 1191,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar 2282,04 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-100 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 2835,28 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &= \frac{1}{4} \times A_s \\
 &= \frac{1}{4} \times 2835,28 \text{ mm}^2 = 708,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &\geq \frac{1}{3} A_s \\
 A_{s_{\min}} &\geq \frac{1}{3} 2835,28 \text{ mm}^2 \\
 A_{s_{\min}} &\geq 945,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-200 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1135,115 \text{ mm}^2$)

2. Perencanaan Tulangan Pelat Lantai Jalur

Tengah

a. Arah X

Middle Strip (Arah X)	Mu (Nmm)
Tumpuan Kiri	41.399.000
Lapangan	16.055.000
Tumpuan Kanan	12.344.000

⇒ Tulangan Tumpuan Kiri

✓ Tulangan Tarik

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$M_u = 41.399.000 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{41.399.000}{0,9 \times 1000 \times 220,5^2} = 0,99$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,99}{400}} \right) = 0,0024 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0024$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\ &= 0,0024 \times 1000 \text{ mm} \times 220,5 \text{ mm} \\ &= 529,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 1000 \times 220,5 = 815,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 220,5 = 771,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar $815,31 \text{ mm}^2$

Maka, dipasang tulangan D19-250 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1135,115 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1}{4} \times A_s \\ &= \frac{1}{4} \times 1135,115 \text{ mm}^2 = 283,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$A_{smin} \geq 1/3 A_s$$

$$A_{smin} \geq 1/3 1135,115 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} \geq 378 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-400 ($A_{Spakai} = 708,82 \text{ mm}^2$)

⇒ Tulangan Lapangan**✓ Tulangan Tekan**

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$M_u = 16.055.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{16.055.000}{0,9 \times 1000 \times 220,5^2} = 0,37$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,37}{400}} \right) = 0,0009 \end{aligned}$$

$$\rho_{pakai} = 0,0009$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{sperlu} &= \rho b d \\ &= 0,0009 \times 1000 \text{ mm} \times 220,5 \text{ mm} \\ &= 198,45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{smin} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 1000 \times 220,5 = 815,85 \text{ mm}^2 \\ A_{smin} &= \frac{1,4}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 220,5 = 771,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s\text{perlu}}$ sebesar $815,85 \text{ mm}^2$

Maka, dipasang tulangan D19-250 ($A_{s\text{pakai}} = 1135,115 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{s\text{min}} &= \frac{1}{4} \times A_s \\ &= \frac{1}{4} \times 1135,115 \text{ mm}^2 = 283,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Tarik

Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari $1/3$ luasan atas

$$A_{s\text{min}} \geq \frac{1}{3} A_s$$

$$A_{s\text{min}} \geq \frac{1}{3} 1135,115 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{min}} \geq 378 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-400 ($A_{s\text{pakai}} = 708,822 \text{ mm}^2$)

⇒ **Tulangan Tumpuan Kiri**

✓ Tulangan Tekan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$M_u = 12.344.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{12.344.000}{0,9 \times 1000 \times 340,5^2} = 0,28$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,28}{400}} \right) = 0,0007 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0007$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho b d \\ &= 0,0007 \times 1000 \text{ mm} \times 220,5 \text{ mm} \\ &= 156,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{\frac{1,4}{400}} \times 1000 \times 220,5 = 815,85 \text{ mm}^2 \\
 A_{s_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 220,5 = 771,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar 815,85 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-250 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1135,115 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &= \frac{1}{4} \times A_s \\
 &= \frac{1}{4} \times 1135,115 \text{ mm}^2 = 283,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &\geq \frac{1}{3} A_s \\
 A_{s_{\min}} &\geq \frac{1}{3} 1135,115 \text{ mm}^2 \\
 A_{s_{\min}} &\geq 378 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-400 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 708,822 \text{ mm}^2$)

b. Arah Y

Middle Strip (Arah Y)	Mu (Nmm)
Tumpuan Kiri	91.626.000
Lapangan	26.932.000
Tumpuan Kanan	36.941.000

⇒ Tulangan Tumpuan Kiri

✓ Tulangan Tarik

Direncanakan menggunakan tulangan D19

Mu = 91.626.000 Nmm

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{91.626.000}{0,9 \times 1000 \times 220,5^2} = 2,1$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 2,1}{400}} \right) = 0,005 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,005$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\ &= 0,005 \times 1000 \text{ mm} \times 220,5 \text{ mm} \\ &= 1198,03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 1000 \times 220,5 = 815,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 220,5 = 771,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar 1198,03 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-200 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1417,644 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1}{4} \times A_s \\ &= \frac{1}{4} \times 1417,644 \text{ mm}^2 = 354,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$A_{smin} \geq 1/3 A_s$$

$$A_{smin} \geq 1/3 \times 1417,644 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} \geq 473 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-400 ($A_{Spakai} = 708,8 \text{ mm}^2$)

 \Rightarrow **Tulangan Lapangan**

✓ Tulangan Tekan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$M_u = 26.932.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{26.932.000}{0,9 \times 1000 \times 220,5^2} = 0,62$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,62}{400}} \right) = 0,0016 \end{aligned}$$

$$\rho_{pakai} = 0,0016$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{sperlu} &= \rho b d \\ &= 0,0016 \times 1000 \text{ mm} \times 220,5 \text{ mm} \\ &= 352,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{smin} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 1000 \times 220,5 = 815,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{smin} &= \frac{1,4}{f_y} \times b w \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 220,5 = 771,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar $815,85 \text{ mm}^2$

Maka, dipasang tulangan D19-250 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 11354,11 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1}{4} \times A_s \\ &= \frac{1}{4} \times 11354,11 \text{ mm}^2 = 283,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Tarik

Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari $1/3$ luasan atas

$$A_{s_{\text{min}}} \geq \frac{1}{3} A_s$$

$$A_{s_{\text{min}}} \geq \frac{1}{3} 11354,11 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} \geq 378 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-400 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 708,8 \text{ mm}^2$)

⇒ **Tulangan Tumpuan Kiri**

✓ Tulangan Tekan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$M_u = 36.941.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \times d^2} = \frac{36.941.000}{0,9 \times 1000 \times 220,5^2} = 0,84$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,84}{400}} \right) = 0,0022$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0022$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0022 \times 1000 \text{ mm} \times 220,5 \text{ mm} \\ &= 485,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan tulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times b \cdot w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 1000 \times 220,5 = 815,85 \text{ mm}^2 \\ A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \cdot w \times d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 220,5 = 771,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi $A_{s_{\text{perlu}}}$ sebesar 815,85 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-250 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 1134,115 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &= \frac{1}{4} \times A_s \\ &= \frac{1}{4} \times 1134,115 \text{ mm}^2 = 283,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{min}}} &\geq \frac{1}{3} A_s \\ A_{s_{\text{min}}} &\geq \frac{1}{3} \times 1134,115 \text{ mm}^2 \\ A_{s_{\text{min}}} &\geq 378 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan tekan (tul. Bawah) dipasang tulangan sejumlah D19-400 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 708,82 \text{ mm}^2$)

Dari keseluruhan perhitungan akan di rekapitulasi pada Tabel 4.39 sebagai berikut :

Tabel 4. 39. Rekapitulasi Perhitungan Penulangan Lantai tipikal

Arah Penulangan	Posisi Penulangan		Tulangan Pelat		
ARAH X	Tumpuan Coloumn Strip	Atas	D19	-	125
		Bawah	D19	-	200
	Lapangan Coloumn Strip	Atas	D19	-	200
		Bawah	D19	-	400
	Tumpuan Middle Strip	Atas	D19	-	250
		Bawah	D19	-	400
	Lapangan Middle Strip	Atas	D19	-	250
		Bawah	D19	-	400
ARAH Y	Tumpuan Coloumn Strip	Atas	D19	-	100
		Bawah	D19	-	200
	Lapangan Coloumn Strip	Atas	D19	-	200
		Bawah	D19	-	400
	Tumpuan Middle Strip	Atas	D19	-	200
		Bawah	D19	-	400
	Lapangan Middle Strip	Atas	D19	-	250
		Bawah	D19	-	400

4.6.2.2 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser

Dalam perencanaan pelat tanpa adanya balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup.

Tabel 4. 40. Gaya Geser pada hubungan pelat kolom

Kolom Interior	Vu
mm	N
800 x 800	724.589
700 x 700	788.803
600 x 600	777.097

1. Kolom 800 x 800 Interior

$$V_u = 724.589 \text{ N}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Drop panel} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal cover} = 20 \text{ mm}$$

$$C1, C2 = 800 \text{ mm}$$

$$\alpha s \text{ kolom interior} = 40 \text{ mm}$$

$$d = (250 + 120) - 20 - 19 - \frac{1}{2} 19 \\ = 321,5 \text{ mm}$$

$$b_o = 2 \times (C1 + d + C2 + d) \\ = 2 \times (800 + 321,5 + 800 + 321,5) \\ = 4486 \text{ mm}$$

$$A_o = b_o \times d \\ = 4486 \text{ mm} \times 321,5 \text{ mm} \\ = 1.442.249 \text{ mm}^2$$

Syarat Kuat Geser

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta c} \right) \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\ = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \sqrt{35} \times 4486 \times 321,5 \\ = 4.351.555 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha s \times d}{b_o} + 2 \right) \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\ = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 321,5}{4486} + 2 \right) \sqrt{35} \times 4486 \times 321,5 \\ = 3.476.786 \text{ N}$$

$$V_{c3} = \frac{1}{3} \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\ = \frac{1}{3} \times 1 \times \sqrt{35} \times 4486 \times 321,5 \\ = 2.815.712 \text{ N}$$

$$V_c = 2.815.712 \text{ N} \text{ [Menentukan]}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 2.815.712 \text{ N} \\ = 2.111.784 \text{ N}$$

$$V_u = 724.589 \text{ N}$$

Cek;

$$V_u < V_c$$

$$724.589 \text{ N} < 2.111.784 \text{ N} \text{ [Tidak butuh Tul. Geser]}$$

2. Kolom 700 x 700 Interior

$$V_u = 788.803 \text{ N}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Drop panel} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal cover} = 20 \text{ mm}$$

$$C1, C2 = 700 \text{ mm}$$

$$\alpha_s \text{ kolom interior} = 40 \text{ mm}$$

$$d = (250 + 120) - 20 - 19 - \frac{1}{2} 19$$

$$= 321,5 \text{ mm}$$

$$b_o = 2 \times (C1 + d + C2 + d)$$

$$= 2 \times (700 + 321,5 + 700 + 321,5)$$

$$= 4086 \text{ mm}$$

$$A_o = b_o \times d$$

$$= 4486 \text{ mm} \times 321,5 \text{ mm}$$

$$= 1.313.649 \text{ mm}^2$$

Syarat Kuat Geser

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \sqrt{35} \times 4086 \times 321,5$$

$$= 3.885.826,145 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$= 0,083 \times \left(\frac{40 \times 321,5}{4086} + 2 \right) \sqrt{35} \times 4086 \times 321,5$$

$$= 3.333.606,44 \text{ N}$$

$$V_{c2} = \frac{1}{3} \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 1 \times \sqrt{35} \times 4086 \times 321,5$$

$$= 2.564.645 \text{ N}$$

$$V_c = 2.564.645 \text{ N [Menentukan]}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 2.564.645 \text{ N}$$

$$= 1.923.484 \text{ N}$$

$$V_u = 788.803 \text{ N}$$

$$\text{Cek; } V_u < V_c$$

788.803 N < 1.923.484 N [**Tidak Membutuhkan Tul. Geser**]

3. Kolom 600 x 600 Interior

$$V_u = 777.097 \text{ N}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Drop panel} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal cover} = 20 \text{ mm}$$

$$C1, C2 = 700 \text{ mm}$$

$$\alpha_s \text{ kolom interior} = 40 \text{ mm}$$

$$d = (250 + 120) - 20 - 19 - \frac{1}{2} 19$$

$$= 321,5 \text{ mm}$$

$$b_o = 2 \times (C1 + d + C2 + d)$$

$$= 2 \times (600 + 321,5 + 600 + 321,5)$$

$$= 3686 \text{ mm}$$

$$A_o = b_o \times d$$

$$= 3686 \text{ mm} \times 321,5 \text{ mm}$$

$$= 1.185.049 \text{ mm}^2$$

Syarat Kuat Geser

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \sqrt{35} \times 3686 \times 321,5$$

$$= 3.575.422,215 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$= 0,083 \times \left(\frac{40 \times 321,5}{3686} + 2 \right) \sqrt{35} \times 3686 \times 321,5$$

$$\begin{aligned}
 &= 3.352.805,13 \text{ N} \\
 V_{c2} &= \frac{1}{3} \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 1 \times \sqrt{35} \times 3686 \times 321,5 \\
 &= 2.564.645 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_c = 2.564.645 \text{ N} [\text{Menentukan}]$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 2.564.645 \text{ N} \\
 &= 1.923.484 \text{ N}
 \end{aligned}$$

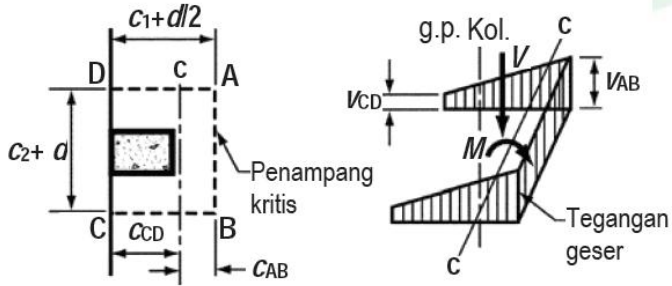
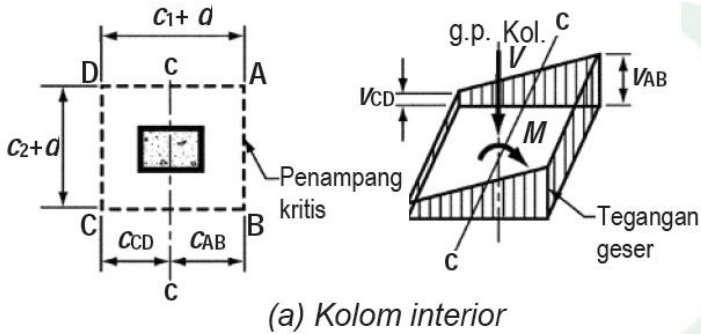
$$V_u = 777.097 \text{ N}$$

Cek;

$$\begin{aligned}
 V_u &< V_c \\
 777.097 \text{ N} &< 1.923.484 \text{ N} \quad \text{[Tidak Membutuhkan Tul. Geser]}
 \end{aligned}$$

4.6.2.3 Pelimpahan Momen dan Gaya geser pada Pertemuan Pelat dan Kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.11.7.1 dalam perencanaan pelat tanpa balok penumpu diperlukan peninjauan terhadap momen tak berimbang pada mukap kolom penumpu, sehingga apabila beban gravitasi, angin, gempa atau beban lateral lainnya menyebabkan terjadinya perpindahan momen antara pelat dan kolom, maka dari sebagian momen yang tak berimbang harus dilimpahkan sebagai lentur pada keliling kolom dan sebagian menjadi tegangan geser eksentris .



Gambar 4. 31. Distribusi Tegangan Geser

Tabel 4. 41. Gaya Momen dan gaya geser pada kolom

Kolom Interior	Mu	Vu
mm	Nmm	N
800 x 800	620.361.010	604.376
700 x 700	681.337.100	583.184
600 x 600	671.812.750	594.952

1. Kolom 800 x 800 Interior

$$V_u = 604.376 \text{ N} = 60.4376 \text{ kg}$$

$$M_u = 620.361.010 \text{ Nmm}$$

$$= 62.036 \text{ kgm}$$

$$A_o = 1.442.249 \text{ mm}^2$$

$$= 1,4422 \text{ m}^2$$

$$d = 321,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C1, C2+d &= 800 + 321,5 = 1121,5 \text{ mm} \\
 Cab &= \frac{1}{2} C+d = \frac{1}{2} 1121,5 \text{ mm} \\
 &= 560,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$Jc = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{(c+d)d^3}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$$

$$Jc = 0,486 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned}
 \gamma v &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{800 + 321,5}{800 + 321,5}}} \\
 &= 0,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vu_{AB} &= \frac{Vu}{A0} + \frac{\gamma v \times Mu \times Cab}{Jc} \\
 &= \frac{60,438}{1,4422} + \frac{0,4 \times 62.036 \times 0,56075}{0,486} \\
 &= 78.871 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vu_{CD} &= \frac{Vu}{A0} - \frac{\gamma v \times Mu \times Cab}{Jc} \\
 &= \frac{60,438}{1,4422} + \frac{0,4 \times 62.036 \times 0,56075}{0,486} \\
 &= 21.609 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$Vu_{\text{perlu}} = 78.871 \text{ kg} = 788.713 \text{ N}$$

$$\phi Vc = \phi \times 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$\phi Vc = \phi \times 0,17 \times \sqrt{35} \times 4486 \text{ mm} \times 321,5 \text{ mm}$$

$$\phi Vc = 1.087.889 \text{ N}$$

$$Vu < \phi Vc$$

788.713 N < 1.087.889 N [Tidak membutuhkan
Tul. Geser]

2. Kolom 700 x 700 Interior

$$V_u = 788.803 \text{ N} = 78.803 \text{ kg}$$

$$M_u = 681.337.100 \text{ Nmm}$$

$$= 68.134 \text{ kgm}$$

$$A_o = 1.313.649 \text{ mm}^2$$

$$= 1,3136 \text{ m}^2$$

$$d = 321,5 \text{ mm}$$

$$C_1, C_2 + d = 700 + 321,5 = 1021,5 \text{ mm}$$

$$C_{ab} = \frac{1}{2} C + d = \frac{1}{2} 1021,5 \text{ mm} = 510,75 \text{ mm}$$

$$J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{(c+d)d^3}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$$

$$J_c = 0,398 \text{ m}^4$$

$$\gamma v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{800 + 321,5}{800 + 321,5}}}$$

$$= 0,4$$

$$\begin{aligned} V_{uAB} &= \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\ &= \frac{58.318}{1,313} + \frac{0,4 \times 68.134 \times 0,51075}{0,398} \\ &= 25.073 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{uCD} &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\ &= \frac{58.318}{1,313} - \frac{0,4 \times 68.134 \times 0,51075}{0,398} \\ &= 95.021 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_{u_{\text{perlu}}} = 95.021 \text{ kg} = 950.209 \text{ N}$$

$$\phi V_c = \phi \times 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$\phi V_c = \phi \times 0,17 \times \sqrt{35} \times 4086 \text{ mm} \times 321,5 \text{ mm}$$

$$\phi V_c = 990.886 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c$$

950.209 N < 990.886 N [Tidak membutuhkan Tul. Geser]

3. Kolom 600 x 600 Interior

$$V_u = 777.097 \text{ N} = 77.7097 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 671.812.750 \text{ Nmm} \\ &= 67.181.27 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_o &= 1.185.049 \text{ mm}^2 \\ &= 1,185 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$d = 321,5 \text{ mm}$$

$$C1, C2 + d = 600 + 321,5 = 921,5 \text{ mm}$$

$$C_{AB} = \frac{1}{2} C + d = \frac{1}{2} 921,5 \text{ mm} = 460,75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} J_c &= \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{(c+d)d^3}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2} \\ J_c &= 0,32 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma v &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{800 + 321,5}{800 + 321,5}}} \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{uAB} &= \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\ &= \frac{59,465}{1,185} + \frac{0,4 \times 67.181 \times 0,46}{0,32} \\ &= 84.267 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{uCD} &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\ &= \frac{59,465}{1,185} - \frac{0,4 \times 67.181 \times 0,46}{0,32} \\ &= 26.852 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_{u\text{perlu}} = 84.267 \text{ kg} = 842.672 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \times 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\ \phi V_c &= \phi \times 0,17 \times \sqrt{35} \times 3686 \text{ mm} \times 321,5 \text{ mm} \\ \phi V_c &= 893.883 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_u &< \phi V_c \\ 842.672 \text{ N} &< 893.883 \text{ N} \text{ [Tidak membutuhkan Tul. Geser]}\end{aligned}$$

4.6.2.4 Pemeriksaan Tebal Pelat Terhadap Gaya

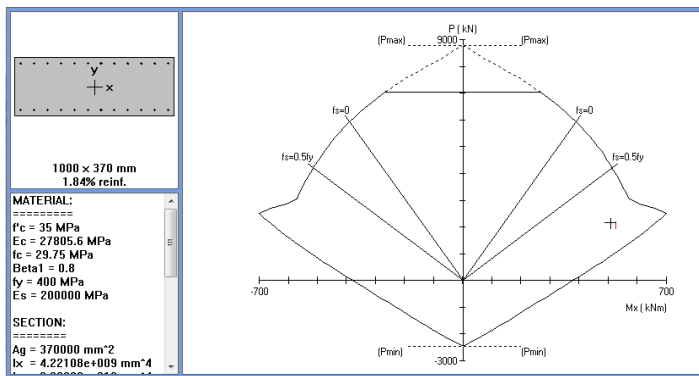
Normal

Dalam perencanaan pelat tanpa adanya balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan adanya gaya normal perlu dilakukan. Pada pemeriksaan ini menggunakan program bantu Spcoloumn dimana pada perencanaan dilakukan permieter.

1. Lantai 1

✓ Arah X

Didapatkan dari Program ETABS gaya normal pada arah X sebesar 2157,575 kN/m, karena gaya normal pada arah X maka momen yang terjadi pada arah Y sebesar 548,025 kNm/m. Sehingga didapatkan hasil sebagai dengan diagram interaksi pada Gambar 4.32 berikut :



Gambar 4. 32. Diagram interaksi pelat

Didapatkan hasil diagram interaksi pada Gambar 4.32 dari pemeriksaan gaya normal pada pelat dalam arah X memenuhi persyaratan, sehingga tebal pelat bisa digunakan dalam perencanaan gedung.

Berikut rincian pemeriksaan gaya normal keseluruhan pada Tabel 4.42 :

Tabel 4. 42. Pemeriksaan Gaya Normal arah X

Lantai	F11 kN	Myy kNm	CEK
1	2157,76	548,03	OK
2	2115,45	592,40	OK
3	1840,15	625,67	OK
4	1615,92	635,49	OK
5	1404,58	649,75	OK
6	1205,48	667,13	OK
7	1019,53	717,84	OK
8	848,79	675,26	OK
9	700,46	723,96	OK
10	645,39	715,66	OK
11	607,70	675,85	OK
12	565,92	720,83	OK
13	1027,05	552,10	OK

4.6.3 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang memikul beban-beban yang diterima struktur sekunder dan balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Pada perencanaan Tugas Akhir ini, kolom yang diperhitungkan diambil pada kolom lantai 1 dengan dimensi 800/800 mm sesuai denah kolom yang ditinjau pada Gambar 4.33.

4.6.3.1 Kolom Interior



Gambar 4. 33. Kolom yang ditinjau dimensi 800/800 mm

Data Perencanaan

Data perencanaan yang dibutuhkan dalam perhitungan kolom K1 As 2 / As D adalah sebagai berikut :

- Mutu beton = 35 Mpa
- Mutu Baja = 400 Mpa
- Dimensi Kolom = 80/80 cm
- Tebal decking = 40 mm
- Diameter tul. Utama (D) = 25 mm
- Diameter tul. Sengkang = 16 mm
- $d = h - \text{selimut} - \text{sengkang} - \frac{1}{2} D$
 $= 800 - 40 - 16 - \frac{1}{2} 25 = 713 \text{ mm}$

Dengan menggunakan software ETABS 15.0 diperoleh besarnya gaya pada kolom sebagaimana pada Tabel 4.43 dan Tabel 4.44.

Tabel 4. 43. Gaya Dalam Kolom Bawah Lantai 1

Kombinasi	P	Mx	My	Vu
	kN	kNm	kNm	kN
DL	6242,61	2,19	14,41	12,81
DL+LL	7365,94	2,70	17,47	15,51
1,4DL	8739,65	3,07	20,17	17,94
1,2DL+1,6LL	9288,46	3,45	22,19	19,70
0,9DL-EqX	5475,68	272,98	77,05	57,80
0,9DL+EqY	5933,18	120,17	246,31	62,58
1,2DL+1EqX+1LL	8757,13	278,10	110,37	60,51
1,2DL+1LL	8614,46	3,14	20,35	18,08
1,2DL+1EqY+1LL	8299,63	115,05	212,99	32,97
0,9DL+1W	5621,48	7,27	15,14	5,25
0,9DL+1W	5647,45	3,11	12,88	11,48
1,2DL+1W+1LL	8643,57	4,28	20,27	18,03
ENVELOPE	9288,46	278,10	253,69	69,13

Tabel 4. 44. Gaya Dalam Kolom Atas Lantai 1

Kombinasi	P	Mx	My	Vu
	kN	kNm	kNm	kN
DL	6177,08	2,94	41,33	12,81
DL+LL	7300,42	3,43	50,02	15,51
1,4DL	8647,91	4,12	57,86	17,94
1,2DL+1,6LL	9209,84	4,31	63,49	19,70
0,9DL-EqX	5416,71	38,58	49,18	57,80
0,9DL+EqY	5874,21	11,23	8,67	62,58
1,2DL+1EqX+1LL	8393,17	39,95	70,27	57,21
1,2DL+1LL	8535,83	4,02	58,28	18,08
1,2DL+1EqY+1LL	8850,67	9,87	29,75	69,13
0,9DL+1W	5562,51	3,17	37,97	5,25
0,9DL+1W	5588,48	1,64	37,06	11,48
1,2DL+1W+1LL	8564,94	3,00	58,14	18,03
ENVELOPE	9209,84	33,28	8,67	69,13

Diambil gaya dalam yang paling kritis :

$$P = 9288464,6 \text{ N}$$

$$V_u = 69127,77 \text{ N}$$

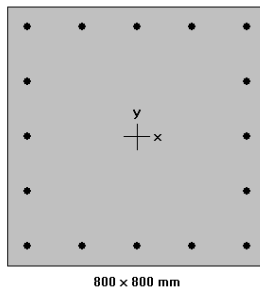
Sesuai dengan persyaratan pada SNI 2847:2013 komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$ harus memenuhi ketentuan pasal 21.6.3.1, 21.6.4.2 dan 21.6.5.

$$\begin{aligned} \text{Gaya aksial terfaktor} &\leq A_g \times \frac{f_c'}{10} \\ &\leq 800 \times 800 \times \frac{35}{10} \\ &\leq 2240000 \text{ N} = 2240 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil analisa dengan program bantu ETABS 15.0 didapat gaya aksial tekan terfaktor yang terbesar adalah 9288,46 Kn \geq 2240 kN

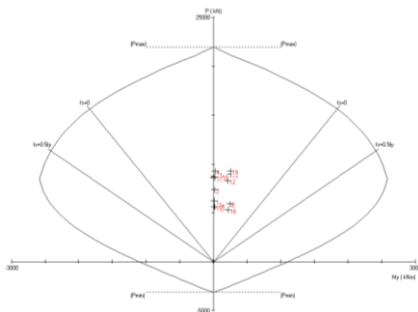
Penulangan Lentur

Untuk desain penulangan lentur kolom akan digunakan program bantu *SpColumn*, dengan memasukkan gaya dalam berfaktor dan direncanakan diameter dan jumlah tulangan yang akan digunakan. Dari *trial and error* dengan *SpColumn* didapatkan konfigurasi tulangan 16D25, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.34.

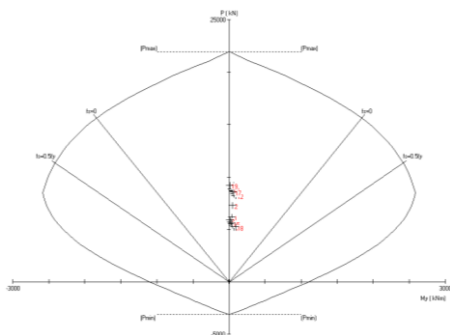


Gambar 4. 34. Penampang Kolom

Hasil output dari program *SpColumn* berupa diagram interaksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.35 dan Gambar 4.36 .



Gambar 4. 35. Diagram Interaksi Kolom bawah



Gambar 4. 36. Diagram Interaksi Kolom atas

Berdasarkan kombinasi pada Tabel 4.29 dan 4.30 , maka kolom memerlukan tulangan memanjang (longitudinal) sebanyak 16D25 ($\rho = 1,23 \%$) seperti pada hasil perhitungan program bantu *SpColumn* pada gambar diatas. Kebutuhan ρ tersebut telah memenuhi syarat SNI 2847;2013 pasal 10.9.1 yaitu diantara 1%-8%. Dari hasil analisis kolom menggunakan program bantu *SpColoumn*, didapatkan hasil analisa sebagai berikut :

- Rasio Tulangan longitudinal = 1,23%
- Penulangan 16D25 (As) = 7853,98 mm²
- Ix = 3,41x10¹⁰ mm⁴
- Iy = 3,41x10¹⁰ mm⁴
- Ag = 640000 mm²

Berdasarkan SNI 2847;2013 ps. 21.6.3.1, luasan tulangan memanjang tidak boleh kurang dari 0,01Ag atau lebih dari 0,06Ag.

$$A_g = 640000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 7853,98 \text{ mm}^2 \geq 0,01 A_g = 6400 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 7853,98 \text{ mm}^2 \leq 0,06 A_g = 38400 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.3.6.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur.

$$\begin{aligned} \phi P_n (\text{max}) &= 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}] \\ &= 11412927 \text{ N} > 9288464,6 \text{ N (OK)} \end{aligned}$$

Penulangan Transversal

Berdasarkan SNI 2847;2013 pasal 21.6.4.1 panjang l_0 tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

$$l_0 \geq h = 800 \text{ mm}$$

$$\geq \frac{1}{6} l_n = \frac{1}{6} 4500 = 750 \text{ mm}$$

$$\geq 450 \text{ mm}$$

Maka l_0 pakai adalah 800 mm

Untuk jarak begel (s) berdasarkan SNI 2847;2013 pasal 21.6.4.3 tidak boleh melebihi yang terkecil dari diameter sengkang 16 mm

$$\frac{1}{4} b = \frac{1}{4} \times 800 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$6d_l = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - \frac{1}{2}(800 - 2x(40 + \frac{1}{2}16))}{3} \right) = 101$$

$$100 \leq S_o \leq 101$$

Dipakai jarak begel (s) = 100 mm

Untuk Ash minimal sesuai dengan SNI 2847;2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai besar dari hasil 2 rumus berikut ;

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{s b_c \times f c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

Atau

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c \times f c'}{f_{yt}}$$

Sehingga

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{100 \times 731,65 \times 35}{400} \left[\left(\frac{640000}{577600} \right) - 1 \right] = 207,45 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{100 \times 731,5 \times 35}{400} = 576,06 \text{ mm}$$

Untuk memenuhi syarat diatas maka dipasang 4D16-100 mm ($A_{sh} = 804,25 \text{ mm}^2 > 576,06 \text{ mm}^2$).

Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.5.2, tulangan transversal untuk memikul geser dengan mengangap $V_c = 0$, apabila :

$$P_u < \frac{A_g x f' c}{10}$$

$$9288464,6 \text{ N} > 1920000 \text{ N} \rightarrow V_c \text{ dihitung}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2, kuat geser beton yang terbebani tekan aksial ditentukan sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f c'} b w d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{9288464,6}{14 \times 640000} \right) 1 \sqrt{35} \times 350 \times 731,5$$

$$V_c = 1198686,41 \text{ N} = 1198,69 \text{ kN}$$

Sesuai dengan persyaratan kekuatan geser dalam SNI 2847:2013 Ps. 21.6.5 gaya geser desain (V_e) tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang didapatkan dari hasil analisa struktur (V_u).

$$V_e = \frac{M_{pratas} + M_{prbawah}}{l_n}$$

Dimana; M_{pr} didapat dari Spscolumn

l_n = tinggi bersih kolom

Dari gambar diagram interaksi kolom diatas didapatkan momen nominal kolom atas sebesar $M_{pratas} = 1356,02 \text{ kNm}$ dan $M_{prbawah} = 1343,98 \text{ kNm}$ seperti pada Gambar 4.37 dan Gambar 4.38.

No.	Pu kN	Muy kNm	fMny kNm	fMn/Mu NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	6242.00	14.00	1646.67	117.619	485	738	0.00157 0.650
2	7365.00	17.00	1569.94	92.291	553	738	0.00100 0.650
3	8739.00	20.00	1422.35	71.117	641	738	0.00045 0.650
4	9288.00	22.00	1343.98	61.090	678	738	0.00027 0.650
5	5475.00	77.00	1688.46	21.928	439	738	0.00204 0.653
6	5761.00	102.00	1670.42	16.377	457	738	0.00184 0.650
7	5305.00	220.00	1736.38	7.893	415	738	0.00233 0.678
8	5933.00	246.00	1662.43	6.758	467	738	0.00174 0.650
9	8471.00	69.00	1456.26	21.105	624	738	0.00055 0.650
10	8757.00	110.00	1419.97	12.909	642	738	0.00045 0.650
11	8614.00	20.00	1438.51	71.925	633	738	0.00050 0.650
12	8299.00	212.00	1476.59	6.965	612	738	0.00061 0.650
13	8929.00	253.00	1396.61	5.520	654	738	0.00039 0.650
14	5621.00	15.00	1676.55	111.770	450	738	0.00192 0.650

Gambar 4. 37. Momen Nominal Kolom Bawah

No.	Pu kN	Muy kNm	fMny kNm	fMn/Mu NA depth	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	6177.00	41.00	1650.15	40.247	481	738	0.00160
2	7300.00	50.00	1574.32	31.486	549	738	0.00103
3	8647.00	57.00	1434.30	25.163	635	738	0.00049
4	9209.00	63.00	1356.02	21.524	673	738	0.00029
5	5416.00	49.00	1705.41	34.804	431	738	0.00214
6	5702.00	25.00	1673.04	66.922	454	738	0.00188
7	5244.00	65.00	1752.90	26.968	407	738	0.00244
8	5874.00	8.00	1665.23	208.154	464	738	0.00177
9	8393.00	70.00	1465.61	20.937	619	738	0.00058
10	8678.00	46.00	1430.31	31.094	637	738	0.00047
11	8535.00	58.00	1448.41	24.973	628	738	0.00053
12	8221.00	86.00	1485.45	17.273	607	738	0.00064
13	8850.00	29.00	1407.48	48.534	649	738	0.00041
14	5562.00	37.00	1679.04	45.379	446	738	0.00196

Gambar 4. 38. Momen Nominal Kolom Atas

$$V_e = \frac{1736,38 \text{ kNm} + 1752,9 \text{ kNm}}{2,6 \text{ m}} = 1342,03 \text{ kN}$$

Dari hasil analisa struktur menggunakan ETABS diketahui nilai momen yang digunakan untuk M_{pr} adalah;

$$V_u = \frac{M_{pr_{atas}} + M_{pr_{bawah}}}{l_n}$$

$$V_u = \frac{278,1 \text{ kNm} + 86,82 \text{ kNm}}{2,6 \text{ m}} = 140,35 \text{ kN}$$

Cek:

$$V_e > V_u$$

$$1342,03 \text{ kN} > 140,35 \text{ kN} \text{ [ok]}$$

Panjang Lewatan

Sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 12.2.3 sambungan lewatan tulangan D25 m dari kolom tengah ditentukan dengan persamaan berikut :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \cdot \frac{\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{\left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

Parameter diatas didefinisikan dengan baik pada pasal 12.2.4 pada SNI 2847-2013, dimana : $f_y = 400 \text{ MPa}$

Dimana ;

$\Psi_t=1$ (situasi lainnya)

$\Psi_e=1$ (tulangan tanpa pelapis)

$\Psi_s=1$ (tulangan lebih besar dari D-22)

$\lambda=1$ (Beton Normal) $f'_c = 35 \text{ MPa}$

$d_b=25 \text{ mm}$

c_b adalah nilai terkecil dari parameter dibawah ini :

$$c = 40 + 16 + \frac{25}{2} = 68,5 \text{ mm}$$

$$c = \frac{800 - 2(40 + 16) - 25 \times 4}{4 - 1} = 196 \text{ mm}$$

Maka, $c_b = c_{\min} = 68,5 \text{ mm}$ sehingga,

$$\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} = \frac{68,5 + 0}{25} = 2,74 > 2,5 \text{ (nilai maksimum 2,5)}$$

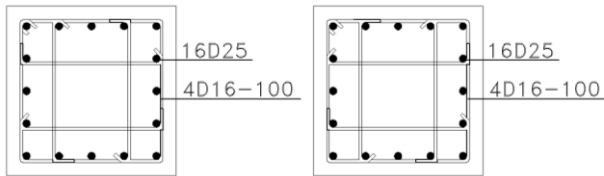
Maka, diambil 2,5

$$l_d = \left(\frac{400}{1,1 \times 1 \sqrt{35}} \frac{1 \times 1 \times 1}{2,5} \right) \times 25 = 614,66 \text{ mm}$$

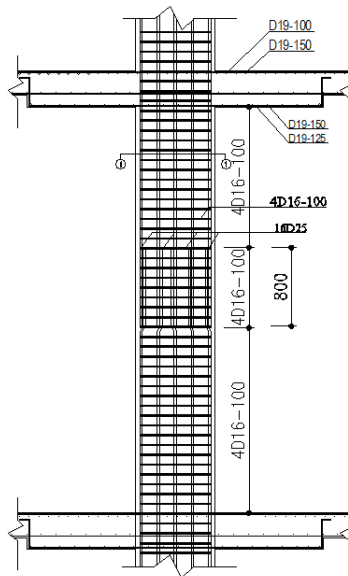
Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.15, sambungan lewatan harus diletakan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik. Karena seluruh tulangan pada panjang lewatan disambung, maka sambungan lewatan termasuk kelas B. Sehingga panjang lewatan kolom setelah dikalikan faktor sebesar 1,3 untuk sambungan kelas B adalah :

$$1,3l_d = 1,3 \times 614,66 = 799 \approx 800 \text{ mm}$$

Detail penulangan kolom diperlihatkan pada Gambar 4.39 dan Gambar 4.40 berikut :



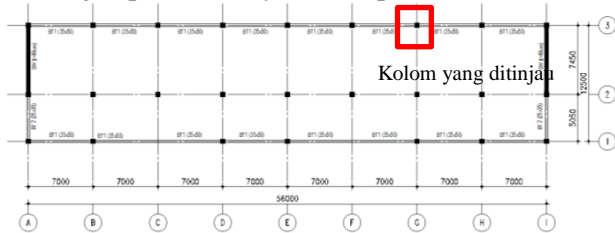
Gambar 4. 39. Penampang Kolom Interior K1 800/800 lantai 1



Gambar 4. 40. Detail Penulangan Kolom Interior K1 800/800 Lantai 1

4.6.3.2 Kolom eksterior

Pada Perencanaan Kolom untuk kolom eksterior ditinjau pada letaknya sesuai pada Gambar 4.41.



Gambar 4. 41. Kolom yang ditinjau dimensi 800/800 mm

Data Perencanaan

Data perencanaan yang dibutuhkan dalam perhitungan kolom K1 As 3 / As G adalah sebagai berikut :

- Mutu beton = 35 Mpa
- Mutu Baja = 400 Mpa
- Dimensi Kolom = 80/80 cm
- Tebal decking = 40 mm
- Diameter tul. Utama (D) = 25 mm
- Diameter tul. Sengkang = 16 mm
- $d = h - \text{selimut} - \text{sengkang} - \frac{1}{2} D$
 $= 800 - 40 - 16 - \frac{1}{2} 25 = 713 \text{ mm}$

Dengan menggunakan software ETABS 15.0 diperoleh besarnya gaya pada kolom pada Tabel 4.45 dan Tabel 4.46 sebagai berikut ;

Tabel 4. 45. Gaya Dalem Kolom Bawah Lantai 1

Kombinasi	P	Mx	My	Vu
	kN	kNm	kNm	kN
DL	3901,89	0,13	35,12	21,88
DL+LL	4508,40	0,10	44,41	27,82
1,4DL	5462,64	0,18	49,17	30,63
1,2DL+1,6LL	5652,68	0,11	57,02	35,76
0,9DL+EqX Max	3410,55	296,28	147,27	64,70

Tabel 4.45. Gaya Dalem Kolom Bawah Lantai 1(lanjutan)

Kombinasi	P	Mx	My	Vu
	kN	kNm	kNm	kN
0,9DL-EqY Max	3354,62	127,13	253,33	67,04
1,2DL+1LL	5288,78	0,13	51,44	32,19
1,2DL-1EqX+1LL	5187,63	296,29	167,10	64,82
1,2DL-1EqY+1LL	5131,70	127,14	273,16	79,54
0,9DL+1W Max	3510,36	9,84	60,17	25,88
1,2DL+1W+1LL	5287,44	9,85	80,00	38,38
ENVELOPE	3354,62	296,29	273,16	79,54
ENVELOPE	5652,68	296,05	190,11	64,32

Tabel 4. 46. Tabel Gaya Dalem Kolom Atas Lantai 1

kombinasi	P	Mx	My	Vu
	kN	kNm	kNm	kN
DL	3841,64	0,71	52,41	21,88
DL+LL	4448,15	0,97	66,86	27,82
1,4DL	5378,29	0,99	73,37	30,63
1,2DL+1,6LL	5580,38	1,27	86,01	35,76
0,9DL-EqX	3356,32	48,48	21,14	64,70
0,9DL-EqY	3300,40	19,47	5,70	67,04
1,2DL+1LL	5216,47	1,11	77,34	32,19
1,2DL-1EqX+1LL	5115,32	48,00	51,31	64,82
1,2DL-1EqY+1LL	5059,40	18,99	35,87	79,54
0,9DL+1W	3456,13	0,52	43,34	25,88
1,2DL+1W+1LL	5215,13	0,04	73,51	38,38
ENVELOPE	3300,40	48,48	5,70	79,54
ENVELOPE	5580,38	50,22	118,81	64,32

Diambil gaya dalam yang paling kritis :

$P = 5652680 \text{ N}$

$V_u = 79540 \text{ N}$

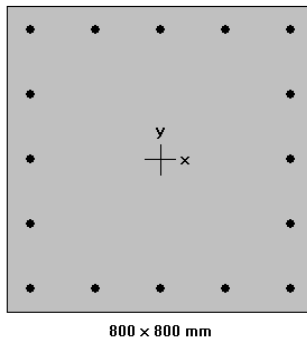
Sesuai dengan persyaratan pada SNI 2847:2013 komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$ harus memenuhi ketentuan pasal 21.6.3.1 , 21.6.4.2 dan 21.6.5.

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya aksial terfaktor} &\leq Ag \times \frac{f_c'}{10} \\
 &\leq 800 \times 800 \times \frac{35}{10} \\
 &\leq 2240000 \text{ N} = 2240 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa dengan program bantu ETABS 15.0 didapat gaya aksial tekan terfaktor yang terbesar adalah 5652,68 Kn \geq 2240 kN

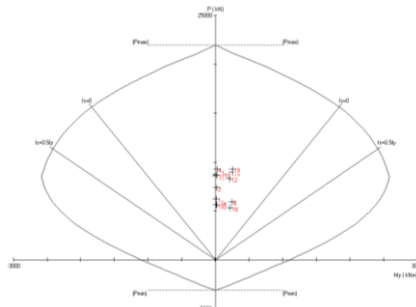
Penulangan Lentur

Untuk desain penulangan lentur kolom akan digunakan program bantu *SpColumn*, dengan memasukkan gaya dalam berfaktor dan direncanakan diameter dan jumlah tulangan yang akan digunakan. Dari *trial and error* dengan *SpColumn* didapatkan konfigurasi tulangan 16D25, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.42 sebagai berikut:

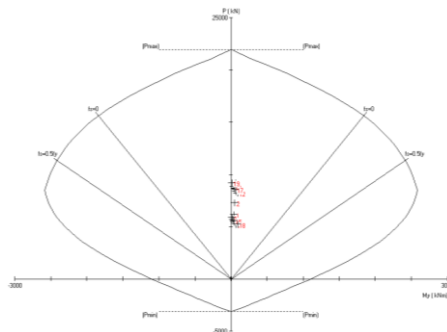


Gambar 4. 42. Penampang Kolom

Hasil output dari program *SpColumn* berupa diagram interaksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.43 dan Gambar 4.44 sebagai berikut :



Gambar 4. 43. Diagram Interaksi Kolom bawah



Gambar 4. 44. Diagram Interaksi Kolom atas

Berdasarkan kombinasi pada Tabel sebelumnya , maka kolom memerlukan tulangan memanjang (longitudinal) sebanyak 16D25 ($\rho = 1,23 \%$) seperti pada hasil perhitungan program bantu SpColumn pada gambar diatas. Kebutuhan ρ tersebut telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 10.9.1 yaitu diantara 1%-8%. Dari hasil analisis kolom menggunakan program bantu SpColoumn, didapatkan hasil analisa sebagai berikut :

- Rasio Tulangan longitudinal = 1,23%
- Penulangan 16D25 (A_s) = 7853,98 mm²
- I_x = 3,41x10¹⁰ mm⁴

- $I_y = 3,41 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $A_g = 640000 \text{ mm}^2$

Berdasarkan SNI 2847;2013 ps. 21.6.3.1, luasan tulangan memanjang tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$.

$$A_g = 640000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 7853,98 \text{ mm}^2 \geq 0,01 A_g = 6400 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 7853,98 \text{ mm}^2 \leq 0,06 A_g = 38400 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.3.6.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur.

$$\begin{aligned} \phi P_n (\text{max}) &= 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}] \\ &= 11412927 \text{ N} > 5652680 \text{ N} \end{aligned}$$

Penulangan Transversal

Berdasarkan SNI 2847;2013 pasal 21.6.4.1 panjang l_0 tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

$$l_0 \geq h = 800 \text{ mm}$$

$$\geq \frac{1}{6} l_n = \frac{1}{6} 4500 = 750 \text{ mm}$$

$$\geq 450 \text{ mm}$$

Maka l_0 pakai adalah 800 mm

Untuk jarak begel (s) berdasarkan SNI 2847;2013 pasal 21.6.4.3 tidak boleh melebihi yang terkecil dari diameter sengkang 16 mm

$$\frac{1}{4} b = \frac{1}{4} \times 800 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$6d_l = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - \frac{1}{2}(800 - 2x(40 + \frac{1}{2}16))}{3} \right) = 101$$

$$100 \leq S_o \leq 101$$

Dipakai jarak begel (s) = 100 mm

Untuk Ash minimal sesuai dengan SNI 2847;2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai besar dari hasil 2 rumus berikut ;

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{s b_c \times f c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

Atau

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c \times f c'}{f_{yt}}$$

Sehingga

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{100 \times 731,65 \times 35}{400} \left[\left(\frac{640000}{577600} \right) - 1 \right] = 207,45 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{100 \times 731,5 \times 35}{400} = 576,06 \text{ mm}$$

Untuk memenuhi syarat diatas maka dipasang 4D16-100 mm ($A_{sh} = 804,25 \text{ mm}^2 > 576,06 \text{ mm}^2$).

Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.5.2, tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap $V_c = 0$, apabila :

$$P_u < \frac{A_g x f'_c}{10}$$

$$5652680 \text{ N} > 1920000 \text{ N} \rightarrow V_c \text{ dihitung}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2, kuat geser beton yang terbebani tekan aksial ditentukan sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b w d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{5652680 \text{ N}}{14 \times 640000} \right) 1 \sqrt{35} \times 350 \times 731,5$$

$$V_c = 588926,59 \text{ N} = 588,93 \text{ kN}$$

Sesuai dengan persyaratan kekuatan geser dalam SNI 2847;2013 Ps. 21.6.5 gaya geser desain (V_e) tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang didapatkan dari hasil analisa struktur (V_u).

$$V_e = \frac{M_{pratas} + M_{prbawah}}{l_n}$$

Dimana; M_{pr} didapat dari Spscolumn

l_n = tinggi bersih kolom

Dari gambar diagram interaksi kolom diatas didapatkan momen nominal kolom atas sebesar $M_{pratas} = 1356,02$ kNm dan $M_{prbawah} = 1343,98$ kNm seperti Gambar 4.45 dan Gambar 4.46.

No.	Pu kN	Mux kNm	fMnx kNm	fMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	3901.00	0.00	1977.70	999.999	265	738	0.00535	0.90
2	4508.00	0.00	1931.91	999.999	318	738	0.00396	0.813
3	5462.00	0.00	1692.23	999.999	437	738	0.00206	0.655
4	5652.00	0.00	1675.22	999.999	451	738	0.00191	0.650
5	3410.00	296.00	1896.19	6.406	243	738	0.00611	0.900
6	3354.00	127.00	1886.62	14.855	241	738	0.00620	0.900
7	5288.00	0.00	1741.02	999.999	413	738	0.00236	0.680
8	5187.00	296.00	1768.04	5.973	399	738	0.00255	0.696
9	5131.00	127.00	1782.63	14.036	392	738	0.00265	0.704
10	3510.00	9.00	1913.16	212.573	247	738	0.00595	0.900
11	5287.00	9.00	1741.29	193.477	413	738	0.00237	0.681
12	3354.00	296.00	1886.62	6.374	241	738	0.00620	0.900
13	5652.00	296.00	1675.22	5.660	451	738	0.00191	0.650

Gambar 4. 45. Momen Nominal Kolom Bawah

No.	Pu kN	Muy kNm	fMny kNm	fMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	3841.00	52.00	1967.99	37.846	262	738	0.00544	0.900
2	4448.00	66.00	1945.40	29.476	311	738	0.00412	0.827
3	5378.00	73.00	1716.15	23.509	425	738	0.00221	0.667
4	5580.00	86.00	1678.29	19.515	447	738	0.00195	0.650
5	3356.00	21.00	1886.96	89.855	241	738	0.00620	0.900
6	3300.00	5.00	1876.01	375.202	238	738	0.00631	0.900
7	5216.00	77.00	1760.37	22.862	403	738	0.00249	0.691
8	5115.00	51.00	1786.75	35.034	390	738	0.00268	0.707
9	5059.00	35.00	1801.01	51.457	383	738	0.00278	0.715
10	3456.00	43.00	1904.02	44.279	245	738	0.00603	0.900
11	5215.00	73.00	1760.64	24.118	403	738	0.00250	0.691
12	3300.00	5.00	1876.01	375.202	238	738	0.00631	0.900
13	5580.00	118.00	1678.29	14.223	447	738	0.00195	0.650

Gambar 4. 46. Momen Nominal Kolom Atas

$$V_e = \frac{1977,7 \text{ kNm} + 1967,99 \text{ kNm}}{2,6 \text{ m}} = 1517,57 \text{ kN}$$

Dari hasil analisa struktur menggunakan ETABS diketahui nilai momen yang digunakan untuk M_{pr} adalah;

$$V_u = \frac{M_{pr_{atas}} + M_{pr_{bawah}}}{l_n}$$

$$V_u = \frac{296,29 \text{ kNm} + 118,81 \text{ kNm}}{2,6 \text{ m}} = 159,64 \text{ kN}$$

Cek;

$$V_e > V_u$$

$$1517,57 \text{ kN} > 159,64 \text{ kN} [\text{ok}]$$

Panjang Lewatan

Sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 12.2.3 sambungan lewatan tulangan Ø25 m dari kolom tengah ditentukan dengan persamaan berikut :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \cdot \frac{\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{\left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

Parameter diatas didefinisikan dengan baik pada pasal 12.2.4 pada SNI 2847-2013, dimana : $f_y = 400 \text{ MPa}$

Dimana ;

$\Psi_t=1$ (situasi lainnya)

$\Psi_e=1$ (tulangan tanpa pelapis)

$\Psi_s=1$ (tulangan lebih besar dari D-22)

$\lambda=1$ (Beton Normal) $f'_c = 35 \text{ MPa}$

$d_b=25 \text{ mm}$

c_b adalah nilai terkecil dari parameter dibawah ini :

$$c = 40 + 16 + \frac{25}{2} = 68,5 \text{ mm}$$

$$c = \frac{800 - 2(40 + 16) - 25 \times 4}{4 - 1} = 196 \text{ mm}$$

Maka, $c_b = c_{\min} = 68,5 \text{ mm}$ sehingga,

$$\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} = \frac{68,5 + 0}{25} = 2,74 > 2,5 \text{ (nilai maksimum 2,5)}$$

Maka, diambil 2,5

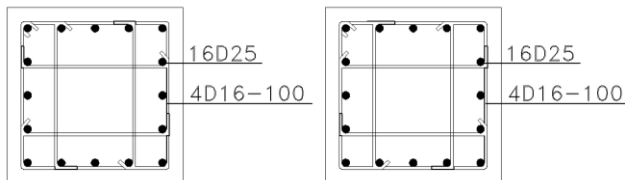
$$l_d = \left(\frac{400}{1,1 \times 1 \sqrt{35}} \frac{1 \times 1 \times 1}{2,5} \right) \times 25 = 614,66 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.15, sambungan lewatan harus diletakan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik. Karena seluruh tulangan pada panjang lewatan disambung, maka sambungan lewatan termasuk kelas B. Sehingga panjang lewatan kolom setelah dikalikan faktor sebesar 1,3 untuk sambungan kelas B adalah :

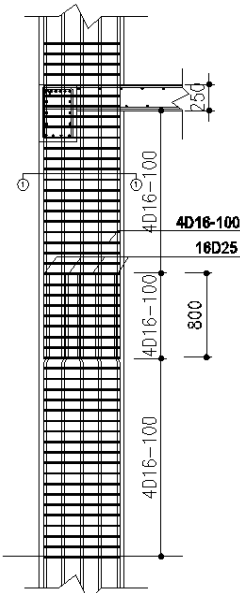
$$1,3l_d = 1,3 \times 614,66 = 799 \approx 800 \text{ mm}$$

Sket Penulangan Kolom

Detail penulangan kolom eksterior diperlihatkan pada Gambar 4.47 dan Gambar 4.48 berikut :



Gambar 4. 47. Penampang Kolom Eksterior K1 800/800 lantai 1

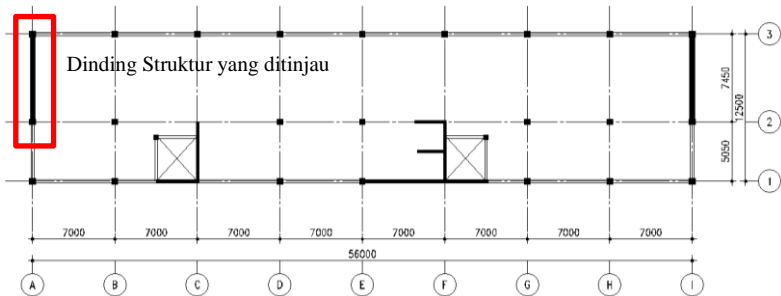


Gambar 4. 48. Detail Penulangan Kolom Eksterior K1 800/800 Lantai 1

4.6.4 Perencanaan Dinding Struktural

Dinding geser (Shearwall) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen momen yang terjadi akibat gaya lateral. Struktur Gedung Hotel Golden Tulip Essensial yang didesain di kota Semarang dengan kategori seismik D dengan konfigurasi struktur didesain dengan system rangka gedung dimana dinding geser harus mampu memikul $>90\%$ beban lateral.

Dinding geser yang terdapat pada strukur ini merupakan struktur dinding geser khusus dengan denah dinding diperlihatkan pada Gambar 4.49. Secara keseluruhan terdapat tiga tipe dinding geser, oleh karena itu akan dianalisis satu tipe dinding geser tersebut berdasarkan gaya dalam yang paling menentukan diantara masing-masing dinding geser tersebut. Pada perencanaan ini penulangan shearwall akan dibedakan per 4 lantai sehingga dalam 1 tipe shearwall terdapat 3 macam penulangan.



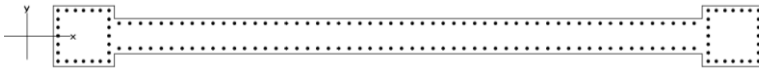
Gambar 4. 49. Denah Lokasi Dinding Geser 1 pada As A Joint 2-3

Data – Data Desain :

Tinggi Dinding, (h_w)	= 4500 mm
Tebal Dinding, (h)	= 400 mm
Selimut Beton	= 40 mm
Panjang Dinding arah y, (l_{wy})	= 7450 mm
Mutu Beton, (f'_c)	= 35 MPa
Mutu Baja, (f_y)	= 400 MPa

Ø tulangan longitudinal = D 19 mm

Ø tulangan transversal = D 13 mm



Gambar 4. 50. Penampang Dinding Geser

Desain Dinding Geser Khusus Tipe 1

Gaya dalam tersebut didapatkan dari program bantu *ETABS* dengan 3 kombinasi terbesar, sebagaimana pada berikut ;

Tabel 4. 47. Output *ETABS* pada Shearwall tipe 1 lantai 1-4

Kombinasi	Pu	Mx	My	Vux	Vuy
	kN	kNm	kNm	kN	kN
1,4DL	12282,36	93,26	6879,5	67,39	63,60
1,2DL+1EqX+1LL	10827,92	836,55	49090,32	1721,68	215,64
1,2DL+1EqY+1LL	10712,66	413,05	106040,44	3955,00	129,23

Tabel 4. 48. Output *ETABS* pada Shearwall tipe 1 lantai 5-9

Kombinasi	Pu	Mx	My	Vux	Vuy
	kN	kNm	kNm	kN	kN
1,4DL	5529,57	228,277	13891,38	1527,57	153,123
1,2DL+1EqX+1LL	5508,41	194,46	28635,03	3294,773	137,26
1,2DL+1EqY+1LL	6385,46	141,93	22486,6	2836,18	111,37

Tabel 4. 49. Output *ETABS* pada Shearwall tipe 1 lantai 10-13

Kombinasi	Pu	Mx	My	Vux	Vuy
	kN	kNm	kNm	kN	kN
1,4DL	2494,46	221,95	4663,06	1163,375	162,9
1,2DL+1EqX+1LL	2483	196,83	9015,83	2272,206	144,68
1,2DL+1EqY+1LL	2912,73	159,2245	5599,92	2547,27	116,306

Cek dimensi penampang terhadap gaya geser terfaktor

Untuk semua segmen *shearwall* nilai V_n tidak boleh lebih besar dari $0,83A_{cv}\sqrt{f'c}$ (SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4).

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}; \phi = 0,75$$

1. Lantai 1-4

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{3.955 \text{ kN}}{0,75} = 5,273 \text{ kN}$$

$$A_{cv} = 3.680.000 \text{ mm}^2$$

$$0,83 A_{cv} \sqrt{f'c} = 0,83(3.680.000)(\sqrt{35})$$

$$0,083 A_{cv} \sqrt{f'c} = 18.070.070 \text{ N} = 18.070 \text{ kN}$$

$$V_n = 5,273 \text{ kN} < 0,83 A_{cv} \lambda \sqrt{f'c} = 18.070 \text{ kN}$$

$$V_n < 0,83 A_{cv} \lambda \sqrt{f'c} \rightarrow ok$$

2. Lantai 5-9

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{3.294 \text{ kN}}{0,75} = 4,393 \text{ kN}$$

$$A_{cv} = 3.680.000 \text{ mm}^2$$

$$0,83 A_{cv} \sqrt{f'c} = 0,83(3.680.000)(\sqrt{35})$$

$$0,083 A_{cv} \sqrt{f'c} = 18.070.070 \text{ N} = 18.070 \text{ kN}$$

$$V_n = 4,393 \text{ kN} < 0,83 A_{cv} \lambda \sqrt{f'c} = 18.070 \text{ kN}$$

$$V_n < 0,83 A_{cv} \lambda \sqrt{f'c} \rightarrow ok$$

3. Lantai 10-13

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{2.547 \text{ kN}}{0,75} = 3.396 \text{ kN}$$

$$A_{cv} = 3.680.000 \text{ mm}^2$$

$$0,83 A_{cv} \sqrt{f'c} = 0,83(3.680.000)(\sqrt{35})$$

$$0,083 A_{cv} \sqrt{f'c} = 18.070.070 \text{ N} = 18.070 \text{ kN}$$

$$V_n = 3.396 \text{ kN} < 0,83 A_{cv} \lambda \sqrt{f'c} = 18.070 \text{ kN}$$

$$V_n < 0,83 A_{cv} \lambda \sqrt{f'c} \rightarrow ok$$

Cek jumlah lapis tulangan yang dibutuhkan

Bila V_u melebihi $0,17\lambda A_{cv}\sqrt{f'c}$ harus digunakan dua tirai tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2.

$$A_{cv} = 3.680.000 \text{ mm}^2$$

$$V_u \geq 0,17\lambda A_{cv}\sqrt{f'c}$$

$$\geq 0,17 \times 3.680.000 \times \sqrt{35} = 3.701.100 \text{ N}$$

1. Lantai 1-4

$$V_u = 3.955 \text{ kN} > 3.701 \text{ kN} \rightarrow 2 \text{ tirai tulangan}$$

2. Lantai 5-9

$$V_u = 3.295 \text{ kN} < 3.701 \text{ kN} \rightarrow 1 \text{ tirai tulangan}$$

3. Lantao 10-13

$$V_u = 2.547 \text{ kN} < 3.701 \text{ kN} \rightarrow 1 \text{ tirai tulangan}$$

Maka, dibutuhkan tulangan pada dinding geser tipe 1 direncanakan dengan 2 tirai.

Perhitungan kuat geser yang disumbangkan beton

Menentukan kuat geser beton (V_c) sesuai SNI 2847:2013 Pasal 11.9.6, dimana V_c diambil yang lebih kecil diantara persamaan berikut :

$$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 7450 = 5960$$

1. Lantai 1-4

$$V_c = 0,27\lambda\sqrt{f'c} \times h \times d + \frac{p_u \times d}{4l_w}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,27 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 5960 + \frac{12282000 \times 5960}{4 \times 7450} \\ &= 3810518,708 \text{ N} = 3.811 \text{ kN} \dots\dots\dots (I) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(0,05\lambda\sqrt{fc'} + \frac{lw \left(0,1\lambda\sqrt{fc'} + 0,2 \frac{p_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_{ux}}{V_{ux}} - \frac{l_w}{2}} \right) hd \\
 &= \left(0,05 \times \sqrt{35} + \frac{7450 \left(0,1\sqrt{35} + 0,2 \frac{12282000 N}{7450 \times 400} \right)}{\frac{106040 \times 10^6}{3955001} - \frac{7450}{2}} \right) \times 400 \times 5960 \\
 &= 1846754 N = 1847 \text{ kN } kN \dots\dots\dots(2) \\
 \text{Maka, } V_c &= 1847 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Lantai 5-9

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,27\lambda\sqrt{fc'} \times h \times d + \frac{p_u \times d}{4l_w} \\
 V_{c1} &= 0,27 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 5960 + \frac{6385000 \times 5960}{4 \times 7450} \\
 &= 3809339,327 N = 3.809 kN \dots\dots\dots(1) \\
 V_c &= \left(0,05\lambda\sqrt{fc'} + \frac{lw \left(0,1\lambda\sqrt{fc'} + 0,2 \frac{p_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_{ux}}{V_{ux}} - \frac{l_w}{2}} \right) hd \\
 &= \left(0,05 \times \sqrt{35} + \frac{7450 \left(0,1\sqrt{35} + 0,2 \frac{6385000 N}{7450 \times 400} \right)}{\frac{106040 \times 10^6}{3955001} - \frac{7450}{2}} \right) \times 400 \times 5960 \\
 &= 3026089,5 N = 3026 \text{ kN } kN \dots\dots\dots(2) \\
 \text{Maka, } V_c &= 3026 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Lantai 10-13

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,27\lambda\sqrt{fc'} \times h \times d + \frac{p_u \times d}{4l_w} \\
 V_{c1} &= 0,27 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 5960 + \frac{2913000 \times 5960}{4 \times 7450}
 \end{aligned}$$

$$= 3808644,781 \text{ N} = 3.809 \text{ kN} \dots\dots\dots(1)$$

$$V_c = \left(0,05\lambda\sqrt{f_c'} + \frac{l_w \left(0,1\lambda\sqrt{f_c'} + 0,2\frac{P_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_{ux}}{V_{ux}} - \frac{l_w}{2}} \right) h d$$

$$= \left(0,05 \times \sqrt{35} + \frac{7450 \left(0,1\sqrt{35} + 0,2\frac{2913000 \text{ N}}{7450 \times 400} \right)}{\frac{106040 \times 10^6}{3955001} - \frac{7450}{2}} \right) \times 400 \times 5960$$

$$= 47308272,64 \text{ N} = 47308 \text{ kN} \dots\dots\dots(2)$$

Maka, $V_c = 3809 \text{ kN}$

Perhitungan tulangan transversal dan longitudinal

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.3 spasi tulangan transversal tidak boleh melebihi dari poin berikut:

- $\frac{l_w}{5} = \frac{7450}{5} = 1400 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- 450 mm

a. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan geser

1. Lantai 1-4

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \frac{3.955 \text{ kN}}{0,75} - 1847 \text{ kN} = 3.427 \text{ kN}$$

Digunakan tulangan transversal 2D16 dengan $s = 150 \text{ mm}$

$$A_{vt} = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_{vt} f_y d}{s} = \frac{402,124 \times 400 \text{ Mpa} \times 5960 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$V_s = 6391088,543 \text{ N} = 6.391,1 \text{ kN}$$

2. Lantai 5-9

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - V_c \frac{3.294,77kN}{0,75} - 3.026kN = 1.367 kN$$

Digunakan tulangan transversal 2D16 dengan $s = 200 mm$

$$A_{vt} = 402,124 mm^2$$

$$V_s = \frac{A_{vt} f_y d}{s} = \frac{402,124 \times 400 Mpa \times 5960 mm}{200 mm}$$

$$V_s = 4793316,407 N = 4.793,3 kN$$

3. Lantai 10-13

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - V_c \frac{2.547,17kN}{0,75} - 3.809 kN = -412kN$$

Digunakan tulangan transversal 2D16 dengan $s = 250 mm$

$$A_{vt} = 402,124 mm^2$$

$$V_s = \frac{A_{vt} f_y d}{s} = \frac{402,124 \times 400 Mpa \times 5960 mm}{250 mm}$$

$$V_s = 3834653,126 N = 3.834,7 kN$$

b. Cek batas minimum tulangan longitudinal dan transversal

Rasio tulangan transversal dan longitudinal (ρ_t dan ρ_l) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan, baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.1)

1. Lantai 1-4

- Tulangan transversal (2D16-200)

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{402,124}{400 \times 150} = 0,0067 > 0,0025 \rightarrow \text{ok}$$

- Tulangan longitudinal

Tulangan longitudinal direncanakan menggunakan D22 ($A_{vl} = 380,133 mm^2$) dengan $s = 120 mm$

$$\rho_l = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{380,133}{400 \times 120} = 0,0079 > 0,0025 \rightarrow \mathbf{ok}$$

2. Lantai 5-9

- Tulangan transversal (2D16-200)

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{402,124}{400 \times 200} = 0,005 > 0,0025 \rightarrow \mathbf{ok}$$

- Tulangan longitudinal

Tulangan longitudinal direncanakan menggunakan D22 ($A_{vl} = 380,133 \text{ mm}^2$) dengan $s = 150 \text{ mm}$

$$\rho_l = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{380,133}{400 \times 150} = 0,0063 > 0,0025 \rightarrow \mathbf{ok}$$

3. Lantai 5-9

- Tulangan transversal (2D16-250)

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{402,124}{400 \times 250} = 0,004 > 0,0025 \rightarrow \mathbf{ok}$$

- Tulangan longitudinal

Tulangan longitudinal direncanakan menggunakan D22 ($A_{vl} = 380,133 \text{ mm}^2$) dengan $s = 200 \text{ mm}$

$$\rho_l = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{380,133}{400 \times 200} = 0,0048 > 0,0025 \rightarrow \mathbf{ok}$$

c. Menentukan kuat geser nominal penampang

Nilai V_n yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.1):

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{panjang dinding}} = \frac{42,1 \text{ m}}{7,45 \text{ m}} = 6,99 > 2$$

Karena $h_w/l_w > 2$, sehingga $\alpha_c = 0,17$

1. Lantai 1-4

$$V_n = V_c + V_s = 1.846,8 + 6.391,1 = 8.237,8 \text{ kN}$$

$$V_n = 3.860.000(0,17 \times \sqrt{35} + 0,0067 \times 400$$

$$V_n = 13.566.536,2 \text{ N} = 13.566,54 \text{ kN}$$

$$V_n < \phi V_n$$

$$8.237,8 \text{ kN} < 0,75 \times 13.566,54 \text{ kN}$$

$$8.237,8 \text{ kN} < 10.174,9 \text{ kN} \quad (\text{ok})$$

2. Lantai 5-9

$$V_n = V_c + V_s = 3.026,1 + 4.793,3 = 7.819,4 \text{ kN}$$

$$V_n = 3.860.000(0,17 \times \sqrt{35} + 0,005 \times 400$$

$$V_n = 11.100.178,53 \text{ N} = 11.100,2 \text{ kN}$$

$$V_n < \phi V_n$$

$$7.819,4 \text{ kN} < 0,75 \times 11.100,2 \text{ kN}$$

$$7.819,4 \text{ kN} < 8.325,1 \text{ kN} \quad (\text{ok})$$

3. Lantai 10-13

$$V_n = V_c + V_s = 3.808,6 + 4.793,3 = 7.819,4 \text{ kN}$$

$$V_n = 3.860.000(0,17 \times \sqrt{35} + 0,005 \times 400$$

$$V_n = 11.100.178,53 \text{ N} = 11.100,2 \text{ kN}$$

$$V_n < \phi V_n$$

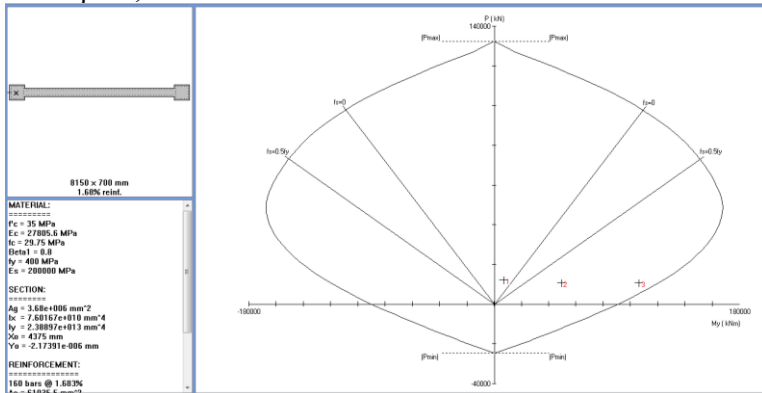
$$7.819,4 \text{ kN} < 0,75 \times 11.100,2 \text{ kN}$$

$$7.819,4 \text{ kN} < 8.325,1 \text{ kN} \quad (\text{ok})$$

d. Kontrol tulangan penahan kombinasi aksial dan lentur

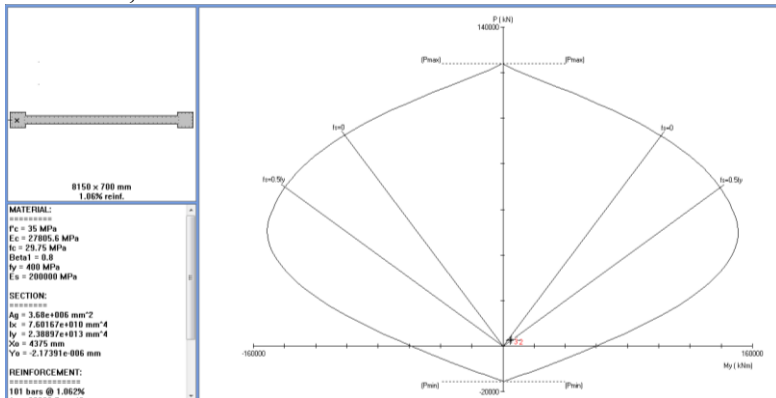
Pada boundary element shearwal dipasang tulangan D22 Untuk tulangan longitudinalnya menggunakan hasil perhitungan sebelumnya. Pengecekan dilakukan melalui diagram interaksi P-M hasil program *SpColumn*. Dari Gambar 4.51 , 4.52 dan 4.53 diketahui bahwa persyaratan tulangan shearwall yang dirancang masih memenuhi persyaratan.

1. Lantai 1-4
 $\rho = 1,68\%$



Gambar 4. 51. Diagram Interaksi P-M shearwall Lantai 1-4

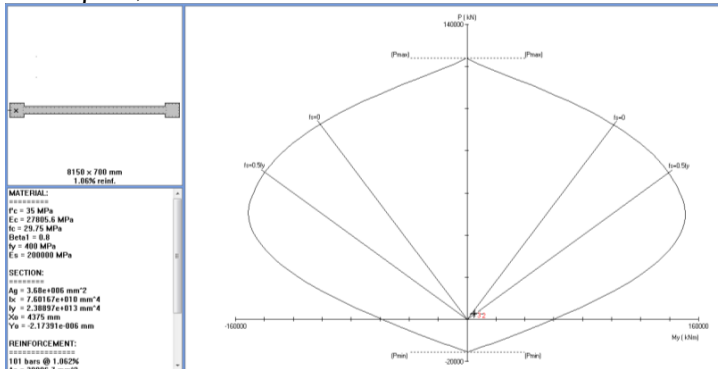
2. Lantai 5-9
 $\rho = 1,28\%$



Gambar 4. 52. Diagram Interaksi P-M shearwall Lantai 5-9

3. Lantai 10-13

$$\rho = 1,05\%$$

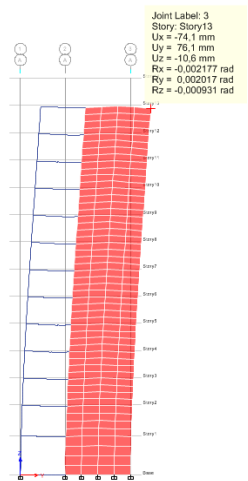


Gambar 4. 53. Diagram Interaksi P-M shearwall Lantai 10-13

e. Cek apakah dibutuhkan elemen pembatas khusus

Penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (*Displacement Method*). Elemen pembatas khusus ini diperlukan bila (SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2).

$$c \geq \frac{l_w}{600(\delta_u/h_w)}$$



Gambar 4. 54. Nilai simpangan pada dinding geser terbesar

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:									
No.	Pu kN	Mux kNm	fMnx kNm	fMn/Mu	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi	
1	12282.00	93.00	6108.39	65.682	271	640	0.00407	0.823	
2	10827.00	836.00	6019.95	7.201	263	640	0.00430	0.842	
3	10712.00	413.00	6052.33	14.655	259	640	0.00440	0.850	

Gambar 4. 55. Nilai C Shearwall pada SPColoumn

Dari Gambar 4.55 digunakan nilai $c = 271 \text{ mm}$.
Sementara untuk nilai δ_u didapat dari Gambar 4.54,
yaitu sebesar 76,1 mm

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \frac{76,1}{42100} = 0,002$$

0,002 mm, sehingga :

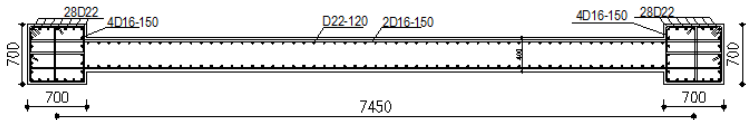
$$\delta_u/h_w < 0,007 \rightarrow \text{dipakai } \delta_u/h_w = 0,007$$

$$\frac{l_w}{600(\delta_u/h_w)} = \frac{7450}{600(0,007)} = 1773,8 \text{ mm}$$

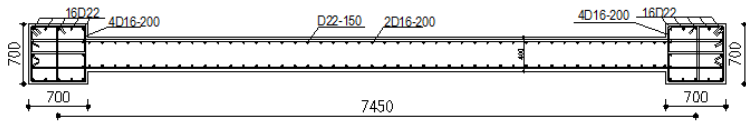
$$c \geq \frac{l_w}{600(\delta_u/h_w)} \rightarrow \text{tidak dibutuhkan pembatas khusus}$$

maka tidak perlu dilakukan perhitungan terhadap elemen pembatas khusus tersebut.

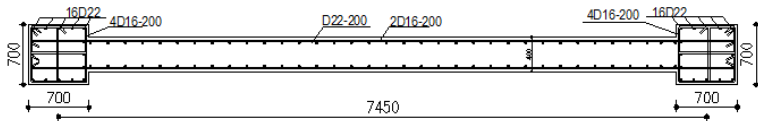
Sket detail penulangan Shearwall tipe 1 :



Gambar 4. 56. Detail Penulangan Shearwall Tipe 1 lantai 1-4



Gambar 4. 57. Detail Penulangan Shearwall Tipe 1 lantai 5-9



Gambar 4. 58. Detail Penulangan Shearwall Tipe 1 lantai 10-13

4.7 Perencanaan Struktur Bawah

4.7.1 Desain Sloof

Menurut Pedoman Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 pasal 2.2.8, untuk pondasi setempat dari suatu gedung harus saling berhubungan dalam 2 arah (umumnya saling tegak lurus) oleh unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial tarik dan tekan sebesar 10% dari beban vertikal maksimum.



Gambar 4. 59. Sloof yang ditinjau

Dalam perancangan sloof ini diambil contoh perhitungan pada sloof kolom interior :

Data Perencanaan

- Gaya aksial kolom = 9288,46 kN
- $P_u = 10\% \times 9288,46 \text{ kN}$
= 928,846 kN = 928846 N
- Dimensi sloof = 450 × 750 mm
- Panjang sloof = 7 m
- Mutu beton (f'_c) = 35 MPa
- Diameter Tul. Utama (\emptyset) = 19 mm
- Mutu Baja (f_y) = 400 MPa
- Elastisitas (E_s) = 200000 MPa
- Selimut beton = 50 mm

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,7 \times \sqrt{f'_c} = 0,7 \times \sqrt{25} = 3,5 \text{ MPa}$$

Tegangan Tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{\phi b h} = \frac{671402}{0,8 \times 450 \times 750} = 3,44 < f_{ijin} \dots\dots \text{Oke}$$

Penulangan Lentur Sloof

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horisontal antara *poer* harus diporposisikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450 mm.

$$\frac{l}{20} = \frac{7000}{20} = 350 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 400 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga perilaku penampang hampir mirip dengan perilaku kolom.

Beban yang diterima Sloof :

- Berat sendiri = $0,45 \times 0,75 \times 24 = 8,1 \text{ kN/m}$
- Berat Dinding = $5,4 \times 4,5 = 24,3 \text{ kN/m} \pm$
 $q_d = 32,4 \text{ kN/m}$

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan

pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_u = 1,4 q_d = 1,4 \times 32,4 \text{ kN/m} = 45,36 \text{ kN/m}$$

$$M_u = 1/10 q_u l^2 = 1/10 \times 45,36 \times 7^2 = 453,6 \text{ kNm}$$

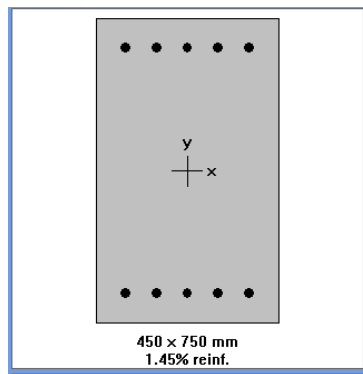
Untuk memudahkan desain penulangan lentur sloof digunakan program bantu analisis dengan memasukan data beban sebagai berikut :

$$M_u = 453,6 \text{ kNm}$$

$$P_u = 928,846 \text{ kN}$$

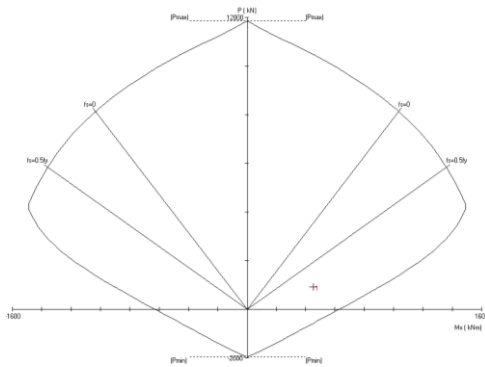
Direncanakan menggunakan tulangan 10D19

$$(A_s = 3801,33 \text{ mm}^2)$$



Gambar 4. 60. Penampang Sloof

Lalu dicek dengan diagram interaksi hasil program bantu seperti pada Gambar 4.61.



Gambar 4. 61. Diagram Interaksi Sloof

Dari diagram interaksi pada Gambar 4.61 didapatkan rasio tulangan sebesar 1,45% (10D19) serta terlihat pula bahwa sloof mampu memikul kombinasi momen dan aksial yang terjadi.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua tulangan longitudinal adalah 25 mm. Besarnya jarak antara tulangan longitudinal terpasang pada balok sloof tersebut adalah :

$$S = \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \phi_{\text{sengkang}} - n \cdot \phi_{\text{tul utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{450 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 5 \times 19}{5 - 1} = 77,75 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 45,36 \times 7 = 158,76 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 400 \times 600 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$d = 750 - 50 - 10 - 19/2 = 680,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{928846}{14 \times 240000} \right) \sqrt{35} \times 450 \times 680,5 \\
 &= 368523,98 \text{ N} = 368,523 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Cek ;

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$0,75 \times 368,523 = 276,39 \text{ kN} \geq 158,76 \text{ kN} \text{ [ok]}$$

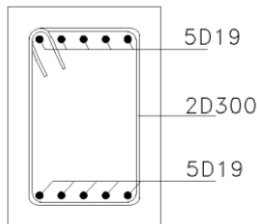
Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $d/2 = 680,5/2 = 340,25 \text{ mm}$
- 300 mm

Jadi dipasang sengkang $\phi 10$ – 300 mm di sepanjang sloof.

Sket Penulangan Balok Sloof

Gambar penulangan balok sloof ditunjukkan pada Gambar 4.62.



BS 45/75

Gambar 4. 62. Penampang Balok Sloof 45/75

4.7.2 Desain Tiang Pancang

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *spun pile* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, perencanaan poer (pile cap) dan perencanaan sloof (Tie beam).

4.7.2.1 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *spun pile* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

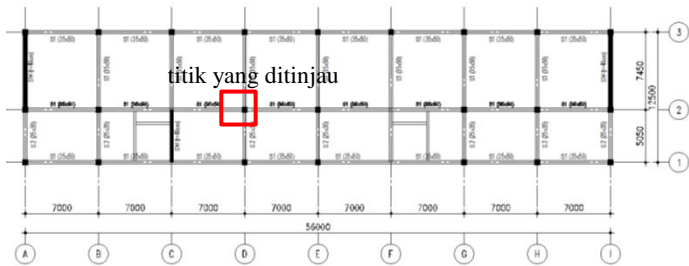
1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang K-600 (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm²*).

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan :

- *Diameter outside (D)* : 600 mm
- *Thickness* : 100 mm
- *Kelas* : A1
- *Bending momen crack* : 17 tm
- *Bending momen ultimate* : 25,50 tm
- *Allowable axial* : 252,70 ton

4.7.2.2 Desain Tiang Pancang Kolom

Desain tiang pancang kolom yang akan dianalisis adalah pada kolom AS 2-D sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.63.



Gambar 4. 63. Letak pondasi kolom yang ditinjau

Data Perencanaan

Data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

- Kedalaman tiang pancang = 17 m
- Diameter tiang pancang, $d = 60 \text{ cm}$
- Keliling tiang pancang (As) = $\pi \times d = 188,496 \text{ cm}$
- Luas tiang pancang (Ap) = $1/4 \times \pi \times d^2$
 $= 1/4 \times \pi \times 60^2 = 2827,4 \text{ cm}^2$

Direnakanan poer dengan dimensi :

$$L = 3,3 \text{ m}$$

$$B = 3,3 \text{ m}$$

$$t = 0,8 \text{ m}$$

Digunakan tiang pancang produksi WIKA kelas A1.

Dengan tekanan ijin sebesar 252,7 Ton.

Beban Pada Tiang Pancang

Dari hasil analisis struktur didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada pondasi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.51.

Tabel 4. 50. Reaksi Kolom AS 2-D

No	Kombinasi	Gaya Dalam				
		P (kN)	F _x (kN)	F _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	1D+1L	7365,94	1,40	15,51	17,47	2,70
2	1D+1L+1EqX	7508,60	60,26	34,63	72,54	277,65
3	1D+1L+1EqY	7680,77	27,01	35,53	215,87	120,89

Pada desain tiang pancang ini akan digunakan kombinasi terbesar dari beban tetap dan beban sementara. Berdasarkan hal tersebut maka digunakan kombinasi beban sementara sebagai acuan gaya dalam untuk desain pondasi. Oleh karena itu, didapat momen pada dasar poer, sebagai berikut :

$$M_{xo} = M_x + F_y \times t = 215,9 + (35,54 \times 0,8) = 244 \text{ kNm}$$

$$M_{yo} = M_y + F_x \times t = 277,7 + (60,27 \times 0,8) = 326 \text{ kNm}$$

Beban vertikal yang berkerja akibat pengaruh beban sementara dan beban sendiri poer sebagai berikut :

- Berat sendiri poer
 $3,3 \times 3,3 \times 0,8 \times 24 = 209,1 \text{ kN}$
- Beban aksial kolom
 Beban tetap, $P = 7681 \text{ kN} +$
 $\sum P = 7890,1 \text{ kN}$

Daya Dukung Ijin Satu Tiang

Daya dukung ijin satu tiang pancang dianalisis berdasarkan nilai N-SPT dari hasil SPT dengan menggunakan perumusan WIKA. Dari data SPT dengan kedalaman 17 m sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 4.52.

Tabel 4. 51. Data N_{SPT}

Lapisan tanah ke-i	Tebal lapisan (di)	Nilai N- SPT
	(m)	
1	7	19,3
2	2	34
3	2	24
4	2	33
5	2	34
6	2	60
7	1,5	60
8	1,5	60
9	3	60
10	2	60
11	2	60
12	2	60
13	1	60
Σdi	30	

Berdasarkan metode Mayerhoff

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{av} \times A_s}{5} \right)$$

Dimana :

Q_u : Daya dukung ultimate tiang (ton)

Q_{ijin} : Daya dukung ijin tiang (ton)

Q_p : Daya dukung ujung tiang (ton)

Q_s : Daya dukung selimut tiang (ton)

N : Nilai SPT pada ujung tiang (blow/m)

N_{av} : Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang (blow/m)

A_p : Luas permukaan ujung tiang (m^2)

A_s : Luas selimut tiang (m^3)

Nilai SPT pada ujung tiang

$N = 60 \text{ blow/m}$

Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$$N_{av} = \frac{19,33+34+24+33+34+60}{6} = 31,7 \text{ blow/m}$$

Dengan menggunakan perumusan WIKA didapatkan daya dukung ultimate satu tiang pancang sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= 40A_p N_p + \frac{A_s N_{av}}{5} \\ &= 40 \times 0,28 \times 60 + \frac{30,16 \times 31,7}{5} = 756,5 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_d &= \frac{Q_{ult}}{SF} \rightarrow SF = 5 \\ &= \frac{756,5}{5} = 151,3 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik PT.WIKA BETON untuk diameter 60 cm (kelas A1) diperoleh $\bar{P}=252,7 \text{ Ton}$.

Berdasarkan hasil analisis kekuatan bahan dan kekuatan tanah diambil \bar{P} terkecil, yaitu = 252,17 Ton.

Tiang Pancang Kelompok

Jumlah tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

$$n = \frac{\Sigma P}{\bar{P} E_k} \rightarrow Ek \text{ diasumsikan sebesar } 0,8$$

$$= \frac{788,99}{252,2 \times 0,8} = 3,91 \approx 5$$

Maka direncanakan dengan 4 pancang dengan letak tiang pancang pada poer diperlihatkan pada Gambar 4.62.

- Untuk jarak antar tiang pancang :

$$2,5 D \leq S \leq 3 D$$

$$2,5 \times 60 \leq S \leq 3 \times 60$$

$$150 \text{ cm} \leq S \leq 180 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar tiang (S) = 150 cm

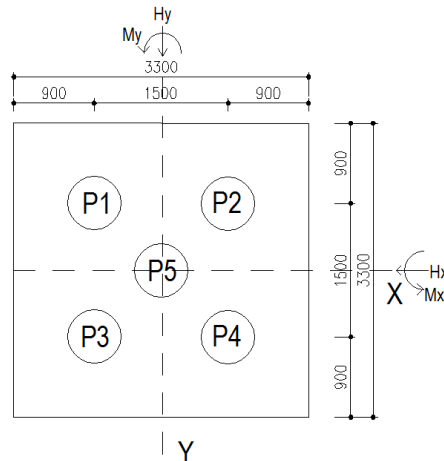
- Untuk jarak tepi tiang pancang :

$$1,5 D \leq S_1 \leq 2 D$$

$$1,5 \times 60 \leq S_1 \leq 2 \times 60$$

$$90 \text{ cm} \leq S_1 \leq 120 \text{ cm}$$

Digunakan jarak tiang ke tepi (S_1) = 90 cm



Gambar 4. 64. Posisi tiang pancang kolom

Pada pondasi tiang grup/kelompok pada Gambar 4.64, terlebih dahulu dikoreksi dengan suatu faktor yaitu faktor efisiensi (η), yang dirumuskan pada persamaan di bawah ini :

$$Q_L(\text{group}) = Q_L(1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

dan,

$$(\eta) = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1).n + (n-1).m}{90.m.n} \right) \right\}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang = 600 mm

S = jarak antar tiang pancang = 1500 mm

m = jumlah baris tiang pancang dalam grup = 2

n = jumlah kolom tiang pancang dalam grup = 2

Efisiensi :

$$(\eta) = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{600}{1500} \right) \left(\frac{(2-1) \times 2 + (2-1) \times 2}{90 \times 2 \times 2} \right) \right\}$$

$$= 0,758$$

Sehingga :

$$Q_{ijin \text{ grup}} = \eta \times Q_{ijin \text{ 1tiang}} \times n$$

$$= 0,758 \times 252,17 \times 5$$

$$= 955,4 \text{ ton} > P_u = 756,1 \text{ ton (ok)}$$

Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang (P_{\max})

Berdasarkan Gambar 4.64 didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat poer, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.53.

Tabel 4. 52. Jarak Tiang Pancang Kolom

Tiang	sumbu (m)			
	x	x ²	y	y ²
P1	0,75	0,563	0,75	0,5625
P2	0,75	0,563	0,75	0,5625
P3	0,75	0,563	0,75	0,5625
P4	0,75	0,563	0,75	0,5625
P5	0	0	0	0
Σ		2,25		2,25

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut :

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_{xo}y_{\max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_{yo}x_{\max}}{\Sigma x^2}$$

$$P_{maks} = \frac{7890}{5} + \frac{244,3 \times 0,75}{2,25} + \frac{325,9 \times 0,75}{2,25} = 1768 \text{ kN}$$

$$P_{maks} = \frac{7890}{5} - \frac{244,3 \times 0,75}{2,25} - \frac{325,9 \times 0,75}{2,25} = 1387,9 \text{ kN}$$

Maka, tekanan maksimum satu tiang pancang adalah 1768,0 kN.

Kontrol Kekuatan Tiang

Sesuai dengan spesifikasi dari PT. WIKA BETON direncanakan tiang pancang beton dengan :

- Diameter : 600 mm
- Tebal : 100 mm
- Type : A1
- Allowable axial : 252,70 t

- Bending Momen crack : 17 tm
- Bending Momen ultimate: 25,5 tm

Tiang pancang yang direncanakan dikontrol terhadap beberapa kriteria berikut ini :

a. Kontrol Terhadap Gaya Aksial

Tiang pancang yang direncanakan dengan diameter 60 cm type A1 sesuai dengan spesifikasi dari PT.WIKA BETON, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 252,70 Ton.

$$P_{\max} < P_{\text{ijin}} = 252,70 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

b. Kontrol Terhadap Gaya Lateral

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

Monolayer: 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

Tanah bersifat multi layer

$$\begin{aligned} L_e &= \text{panjang penjepitan} \\ &= 3 \times 0,6 \text{ m} = 1,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Dipakai $L_e = 1,8 \text{ m}$

$$\begin{aligned} M_y &= L_e \times H_y \\ &= 1,8 \text{ m} \times 35,54 \text{ kN} = 63,97 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_y (\text{satu tiang pancang}) = \frac{6,397}{5} = 1,28 \text{ tm}$$

$M_y < M_{\text{bendingcrack}}$ (dari Spesifikasi WIKA BETON)

$$1,28 \text{ tm} < 17 \text{ tm} \dots\dots\text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= L_e \times H_x \\
 &= 1,8 \times 60,27 \text{ kNm} \\
 &= 108,5 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_x \text{ (satu tiang pancang)} = \frac{10,85}{5} = 2,17 \text{ kNm}$$

$$M_x < M_{\text{bending crack}} \text{ (dari Spesifikasi WKA BETON)}$$

$$2,17 \text{ tm} < 17 \text{ tm} \dots\dots \mathbf{OK}$$

Kontrol Tebal Poer Kolom

Perencanaan tebal poer harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi.

Data Perencanaan Poer :

- Dimensi Kolom = 750 x 750 mm
- Dimensi Poer = 3300 x 3300 x 800 mm
- Selimut Beton = 70 mm
- Ø Tulangan = 25 mm
- Mutu Beton, ($f'c$) = 35 MPa
- Dimensi tiang pancang = 600 mm
- λ = 1 (Beton Normal)
- α_s = 40 (Kolom Interior)
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi, (β)

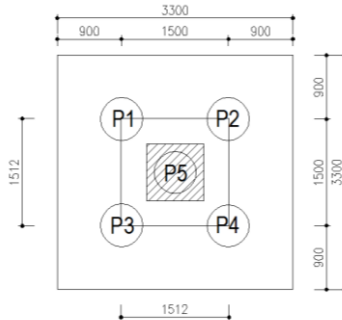
$$\beta = \frac{800}{800} = 1$$

- Tinggi Efektif Poer

$$d_x = 800 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 717,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 800 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 692,5 \text{ mm}$$

Cek Geser Ponds 2 arah terhadap Kolom



Gambar 4. 65. Penampang Kritis Geser pada Pile Cap Interior

Penampang kritis pada Gambar 4.65 adalah pada daerah dibawah kolom oleh karena itu, Keliling penampang kritis (b_o) ditentukan dengan perumusan dibawah :

$$\begin{aligned}
 b_o &= \text{Keliling penampang kritis} \\
 &= 2(b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d) \\
 &= 2(800 + 717,5) + 2(800 + 717,5) \\
 &= 6070 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{a. } V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \times \sqrt{35} \times 6070 \times 717,5 \\
 V_c &= 13140587,87 \text{ N} = 13140,59 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } V_c &= 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c &= 0,083 \left(\frac{40 \times 717,5}{6070} + 2 \right) \sqrt{35} \times 6070 \times 717,5 \\
 &= 14388640,22 \text{ N} = 14388,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } V_c &= 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c &= 0,33 \sqrt{35} \times 6070 \times 717,5 \\
 &= 850233 \text{ N} = 8502,73 \text{ kN (Menentukan)}
 \end{aligned}$$

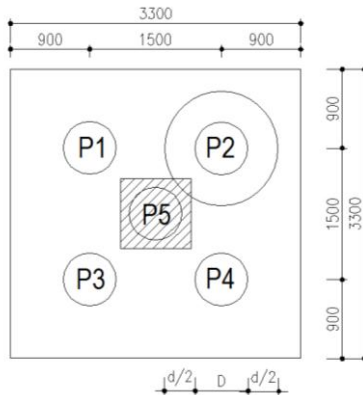
Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 8502,73 kN.

$$V_c \geq Pu \text{ tiang}$$

$$8502,73 \text{ kN} \geq 7680,8 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{Ok}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran pilecap memenuhi syarat terhadap geser ponds

Cek Geser Ponds 2 arah terhadap Tiang



Gambar 4. 66. Penampang Kritis Geser pada Pile Cap Interior

Penampang kritis pada Gambar 4.66 adalah pada daerah dibawah TP oleh karena itu, Keliling penampang kritis (b_o) ditentukan dengan perumusan dibawah :

$$\begin{aligned}
 b_o &= \text{Keliling penampang kritis} \\
 &= \pi \times (D + d/2) \times 2 \\
 &= \pi \times (600 + 717,5/2) \times 2 \\
 &= 4139,05 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{a. } V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \times \sqrt{35} \times 4139,05 \times 717,5 \\
 V_c &= 8960383,554 \text{ N} = 8960,38 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{b. } V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{40 \times 717,5}{4139,05} + 2 \right) \sqrt{35} \times 4139,05 \times 717,5$$

$$= 13028024,69 \text{ N} = 13028 \text{ kN}$$

c. $V_c = 0,33\lambda\sqrt{fc'b_o}d$

$$V_c = 0,33\sqrt{35} \times 4139,05 \times 717,5$$

$$= 5797895 \text{ N} = 5797,9 \text{ kN} \text{ (Menentukan)}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $5797,9 \text{ kN} = 579,7 \text{ ton}$

$$V_c \geq P_u \text{ tiang}$$

$$579,79 \text{ ton} \geq 252,17 \text{ ton} \rightarrow \mathbf{Ok}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran pilecap memenuhi syarat terhadap geser ponds

Desain Penulangan Poer Kolom

Desain penulangan lentur poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang pancang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 4.67. Desain penulangan poer kolom akan menggunakan tulangan baja dengan data desain sebagai berikut :

Data Perencanaan :

- Dimensi Poer, $B \times L$ = 3600 x 3600 mm
- Tebal Poer, = 1000 mm

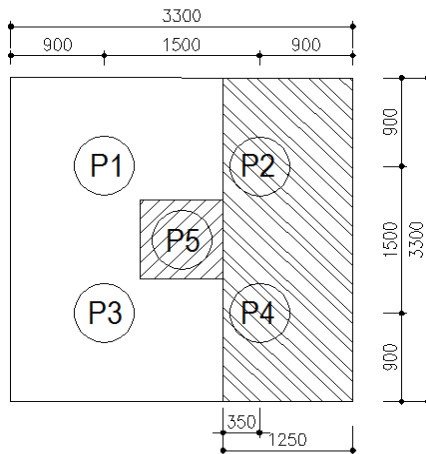
- Mutu Beton, (f^c) = 25 MPa
- Diameter Tul. Utama (\emptyset) = 25 mm
- Mutu Baja (f_y) = 400 MPa
- Elastisitas (E_f) = 200000 MPa
- Tebal Selimut Beton = 70 mm
- Tinggi efektif balok poer

$$d_x = 800 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 717,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 800 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 692,5 \text{ mm}$$

Desain penulangan hanya dianalisis pada salah satu sumbu saja, hal tersebut dilakukan karena bentuk penampang poer yang simetris.

Desain Penulangan Poer



Gambar 4. 67. Bidang Kritis pada Poer

Berat Poer, $q_u = 1,25 \times 0,8 \times 2,4 = 2,4 \text{ Ton/m}$

$$Pt = 2P_{max} = 2 \times 176,8 \text{ ton} = 353,6 \text{ ton}$$

Momen-momen yang bekerja ;

$$\begin{aligned} M_u &= (Pt \times e) - \left(\frac{1}{2} q_u e^2 \right) \\ &= (353,6 \times 0,35) - \left(\frac{1}{2} \times 2,4 \times 1,25^2 \right) \\ &= 121,89 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,0357 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45 \end{aligned}$$

diasumsikan $\phi = 0,9$

Tulangan Arah X

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1218871191}{0,9 \times 3300 \times 717,5^2} = 0,806 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,806}{400}} \right) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Cek Syarat ρ min

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

Cek rasio tulangan

$$\rho_{min} < \rho$$

$$0,0037 > 0,002$$

$$\text{Sehingga } \rho_{pakai} = 0,0037$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0037 \times 3300 \times 717,5 = 8755 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan lentur D 25 ,

$$A_{25} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (25)^2 = 490,9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{3300 \times 490,9}{8754,87} = 185 \text{ mm}$$

Syarat ; $S < 3h$ atau 450 mm

$$S < 3 \times 800 \text{ mm} = 2400 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai S yang terkecil, $S = 180 \text{ mm}$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{3300 \text{ mm} \times 490,9 \text{ mm}^2}{180 \text{ mm}} = 8999,354 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek; } A_{s_{perlu}} < A_{s_{pakai}}$$

$$8755 \text{ mm}^2 < 8999,354 \text{ mm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Maka, digunakan tulangan D25 – 180 pada tulangan arah X.

Tulangan Arah Y

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1232770191}{0,9 \times 3300 \times 629,5^2} = 0,866 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,866}{400}} \right) \\ &= 0,0022 \end{aligned}$$

Cek Syarat ρ_{min}

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{fc}}{fy} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

Cek rasio tulangan

$$\rho_{min} < \rho$$

$$0,0037 > 0,0022$$

Sehingga $\rho_{pakai} = 0,0037$

$$A_{S_{perlu}} = 0,0037 \times 3300 \times 629,5 = 8450 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan lentur D25 ,

$$A_{25} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (25)^2 = 490,9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{3300 \times 490,9}{8450} = 191,7 \text{ mm}$$

Syarat ; $S < 3h$ atau 450 mm

$$S < 3 \times 800 \text{ mm} = 2400 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai S yang terkecil, $S = 190 \text{ mm}$

$$A_{S_{pakai}} = \frac{3300 \text{ mm} \times 490,9 \text{ mm}^2}{190 \text{ mm}} = 8525,7 \text{ mm}^2$$

Cek; $A_{S_{perlu}} < A_{S_{pakai}}$

$$8450 \text{ mm}^2 < 8525,7 \text{ mm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Maka, digunakan tulangan D25 – 190 pada tulangan arah Y.

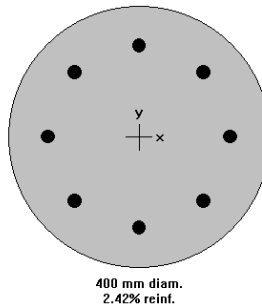
Desain Penyaluran Tulangan Pada Tiang Pancang

Penyaluran tulangan untuk diteruskan pada Tiang Pancang direncanakan menggunakan tulangan baja berdiameter D25. Pada perencanaan Tulangann ini direncanakan dengan program bantu Spcoloumn dengan menggunakan P_{aksial} dari Output ETABS dan dibagi rata dengan jumlah TP yang digunakan dan untuk Momen didapatkan dari gaya lateral yang terjadi, sebagai berikut ;

$$P = 1578 \text{ kN}$$

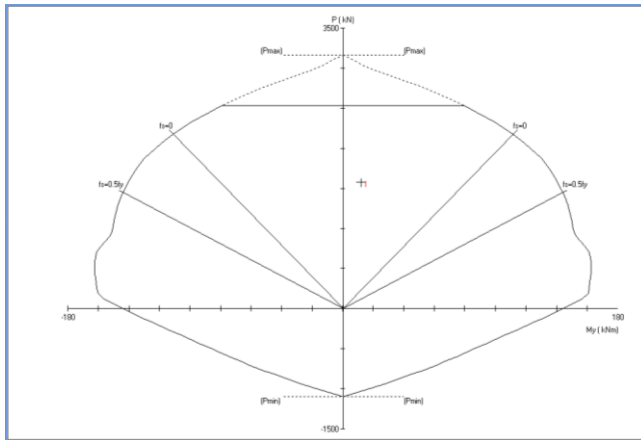
$$\begin{aligned} M_x &= 21,7 \text{ kN} \\ M_y &= 12,8 \text{ kN} \\ V_u &= 60,37 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk desain penulangan lentur TP akan digunakan program bantu *SpColumn*, dengan memasukkan gaya dalam berfaktor dan direncanakan diameter dan jumlah tulangan yang akan digunakan. Dari *trial and error* dengan *SpColumn* didapatkan konfigurasi tulangan 8D25, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.68 berikut:



Gambar 4. 68. Penampang Tiang Pancang

Hasil output dari program *SpColumn* berupa diagram interaksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.69 berikut :



Gambar 4. 69. Diagram interaksi

Tulangan Sengkang

Gaya geser yang harus dipikul Tul. Geser

Jarak Maksimum

$$S_2 = d/2 = 337/2 = 168,5 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{A_v \times f_y}{0,35 b_w} = \frac{157,08 \times 400}{0,35 \times 400} = 448,8 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{A_v \times f_y}{0,062 \sqrt{f_c} b_w} = \frac{157,08 \times 400}{0,062 \sqrt{35} 400} = 428,2 \text{ mm}$$

$$S_4 < 600 \text{ mm}$$

Dari syarat diatas maka diambil jarak antar sengkang sebesar 150 mm. Jadi dibutuhkan tulangan geser D10-150mm

Panjang Penyaluran Kolom

Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatn tekan adalah $0,07 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ atau kurang tetapi tidak kurang dari 300 mm

$$0,07 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,07 \times 400 \times 25 \geq 300 \text{ mm}$$

$$700\text{mm} \geq 300 \text{ mm}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12db pada ujung beban kait

$$12db = 12 \times 25 \text{ mm} \\ = 300 \text{ mm}$$

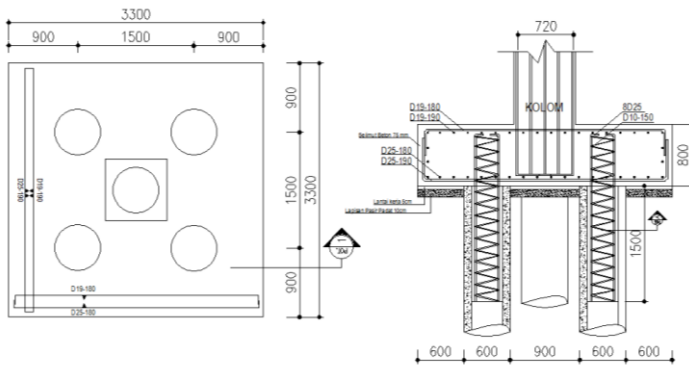
$$Ld \text{ vertikal} = 700 \text{ mm} - 300 \text{ mm} \\ = 400 \text{ mm}$$

Syarat ,

$$h > Ld_{\text{vertikal}}$$

$$800 \text{ mm} > 400 \text{ mm (ok)}$$

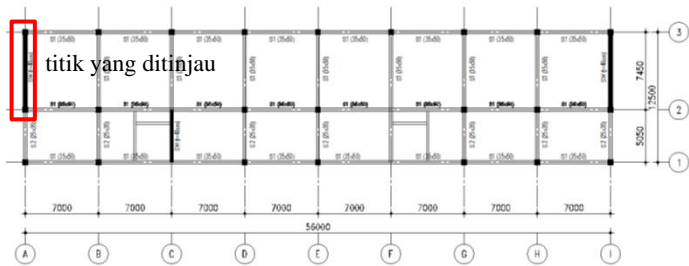
Sket detail penulangan Pilecap Tipe 1



Gambar 4. 70. Detail Penulangan pada Tiang Pancang tipe 1

4.7.2.3 Desain Tiang Pancang Shearwall

Desain tiang pancang kolom yang akan dianalisis adalah pada kolom AS 2/3-As A sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.71.



Gambar 4. 71. Letak pondasi Shearwall yang ditinjau

Data Perencanaan

Data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

- Kedalaman tiang pancang = 16 m
- Diameter tiang pancang, $d = 60 \text{ cm}$
- Keliling tiang pancang(A_s) = $\pi \times d = 188,496 \text{ cm}$
- Luas tiang pancang (A_p) = $1/4 \times \pi \times d^2$
 $= 1/4 \times \pi \times 60^2 = 2827,4 \text{ cm}^2$

Direnakanan poer dengan dimensi :

$$L = 3,3 \text{ m}$$

$$B = 3,3 \text{ m}$$

$$t = 0,8 \text{ m}$$

Digunakan tiang pancang produksi WIKA kelas A1.

Dengan tekanan ijin sebesar 252,7 Ton.

Beban Pada Tiang Pancang

Dari hasil analisis struktur didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada pondasi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.54.

Tabel 4. 53. *Reaksi Kolom AS 2/3 – As A*

No	Kombinasi	Gaya Dalam				
		P (Kn)	F _x (kN)	F _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	1D+1L	9073,3	1712,053	206,56	823,23	48107,53
2	1D+1L+1EqX	8958,04	3945,374	120,15	399,73	105057,7
3	1D+1L+1EqY	10419,9	3828,76	8,1087	234,99	93220,6

Pada desain tiang pancang ini akan digunakan kombinasi terbesar dari beban tetap dan beban sementara. Berdasarkan hal tersebut maka digunakan kombinasi beban sementara sebagai acuan gaya dalam untuk desain pondasi. Oleh karena itu, didapat momen pada dasar poer, sebagai berikut :

$$M_{xo} = M_x + F_y \times t = 823,23 + (206,6 \times 1) \\ = 1029,79 \text{ kNm}$$

$$M_{yo} = M_y + F_x \times t = 105058 + (3945 \times 1) \\ = 109003,1 \text{ kNm}$$

Beban vertikal yang berkerja akibat pengaruh beban sementara dan beban sendiri poer sebagai berikut :

- Berat sendiri poer
 $9,25 \times 1,8 \times 1 \times 24 = 399,6 \text{ kN}$
- Beban aksial kolom
 Beban tetap, P $= 10419,9 \text{ kN}$
 $\Sigma P = 10820 \text{ kN}$

Daya Dukung Ijin Satu Tiang

Daya dukung ijin satu tiang pancang dianalisis berdasarkan nilai N-SPT dari hasil SPT dengan menggunakan perumusan WKA. Dari data SPT dengan

kedalaman 17m sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 4.55.

Tabel 4. 54. Data N_{SPT}

Lapisan tanah ke-i	Tebal lapisan (di)	Nilai N- SPT
	(m)	
1	7	19,3
2	2	34
3	2	24
4	2	33
5	2	34
6	2	60
7	1,5	60
8	1,5	60
9	3	60
10	2	60
11	2	60
12	2	60
13	1	60
Σdi	30	

Berdasarkan metode Mayerhoff

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{av} \times A_s}{5} \right)$$

Dimana :

Q_u : Daya dukung ultimate tiang (ton)

Q_{ijin} : Daya dukung ijin tiang (ton)

Q_p : Daya dukung ujung tiang (ton)

Q_s : Daya dukung selimut tiang (ton)

N : Nilai SPT pada ujung tiang (blow/m)

N_{av} : Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang (blow/m)

A_p : Luas permukaan ujung tiang (m^2)

A_s : Luas selimut tiang (m^3)

Nilai SPT pada ujung tiang

$N = 60$ blow/m

Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$$N_{av} = \frac{19,33+34+24+33+34+60}{6} = 31,7 \text{ blow/m}$$

Dengan menggunakan perumusan WIKA didapatkan daya dukung ultimate satu tiang pancang sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= 40A_p N_p + \frac{A_s N_{av}}{5} \\ &= 40 \times 0,28 \times 60 + \frac{30,16 \times 31,7}{5} = 756,5 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_d &= \frac{Q_{ult}}{SF} \rightarrow SF = 5 \\ &= \frac{756,5}{3} = 252,17 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik PT.WIKA BETON untuk diameter 60 cm (kelas A1) diperoleh $\bar{P}=252,7 \text{ Ton}$.

Berdasarkan hasil analisis kekuatan bahan dan kekuatan tanah diambil \bar{P} terkecil, yaitu = 252,17 Ton.

Tiang Pancang Kelompok

Jumlah tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

$$n = \frac{\Sigma P}{\overline{P E_k}} \rightarrow Ek \text{ diasumsikan sebesar } 0,8$$

$$= \frac{10820}{252,2 \times 0,8} = 5,36 \approx 6 \text{ buah}$$

Maka direncanakan dengan 6 pancang dengan letak tiang pancang pada poer diperlihatkan pada Gambar 4.71.

- Untuk jarak antar tiang pancang :

$$2,5 D \leq S \leq 3 D$$

$$2,5 \times 60 \leq S \leq 3 \times 60$$

$$150 \text{ cm} \leq S \leq 180 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar tiang (S) = 150 cm

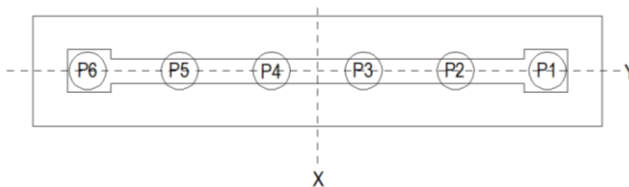
- Untuk jarak tepi tiang pancang :

$$1,5 D \leq S_1 \leq 2 D$$

$$1,5 \times 60 \leq S_1 \leq 2 \times 60$$

$$90 \text{ cm} \leq S_1 \leq 120 \text{ cm}$$

Digunakan jarak tiang ke tepi (S_1) = 90 cm



Gambar 4. 72. Posisi tiang pancang Shearwall

Pada pondasi tiang grup/kelompok, terlebih dahulu dikoreksi dengan suatu faktor yaitu faktor efisiensi (η), yang dirumuskan pada persamaan di bawah ini :

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

dan,

$$(\eta) = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1).n + (n-1).m}{90.m.n} \right) \right\}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang = 600 mm

S = jarak antar tiang pancang = 1500 mm

m = jumlah baris tiang pancang dalam grup = 5

n = jumlah kolom tiang pancang dalam grup = 1

Efisiensi :

$$\begin{aligned} (\eta) &= 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{600}{1500} \right) \left(\frac{(5-1) \times 1 + (1-1) \times 5}{90 \times 1 \times 5} \right) \right\} \\ &= 0,806 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{ijin \text{ grup}} &= \eta \times Q_{ijin \text{ 1tiang}} \times n \\ &= 0,806 \times 252,17 \times 6 \\ &= 1220 \text{ ton} > P_u = 1041,99 \text{ ton (ok)} \end{aligned}$$

Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang (P_{\max})

Berdasarkan Gambar 4.72 didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat poer, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.56.

Tabel 4. 55. Jarak Tiang Pancang Shearwall

Tiang	sumbu (m)			
	x	x ²	y	y ²
P1	3,75	14,06	0	0
P2	2,25	5,063	0	0
P3	0,75	0,563	0	0
P4	0,75	0,563	0	0
P5	2,25	5,063	0	0
P6	3,75	14,06	0	0
Σ		39,38		0

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut :

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_{xo} y_{\max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_{yo} x_{\max}}{\Sigma x^2}$$

$$P_{maks} = \frac{10820}{6} + \frac{1029,8 \times 0}{39,375} + \frac{109003 \times 3,75}{0} = 1803,3 \text{ kN}$$

$$P_{maks} = \frac{10820}{6} - \frac{1029,8 \times 0}{39,375} - \frac{109003 \times 3,75}{0} = 1803,3 \text{ kN}$$

Maka, tekanan maksimum satu tiang pancang adalah 1803,3 kN.

Kontrol Kekuatan Tiang

Sesuai dengan spesifikasi dari PT. WIKA BETON direncanakan tiang pancang beton dengan :

- Diameter : 600 mm
- Tebal : 100 mm
- Type : A1
- Allowable axial : 252,70 t
- Bending Momen crack : 17 tm

- Bending Momen ultimate : 25,5 tm

Tiang pancang yang direncanakan dikontrol terhadap beberapa kriteria berikut ini :

c. Kontrol Terhadap Gaya Aksial

Tiang pancang yang direncanakan dengan diameter 60 cm type A1 sesuai dengan spesifikasi dari PT.WIKA BETON, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 252,70 Ton.

$$P_{\max} < P_{\text{ijin}} = 252,70 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

d. Kontrol Terhadap Gaya Lateral

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

Tanah bersifat multi layer

$$\begin{aligned} L_e &= \text{panjang penjepitan} \\ &= 3 \times 0,6 \text{ m} = 1,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Dipakai $L_e = 1,8 \text{ m}$

$$\begin{aligned} M_y &= L_e \times H_y \\ &= 1,8 \text{ m} \times 206,56 \text{ kN} = 371,81 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_y \text{ (satu tiang pancang)} = \frac{37,2}{6} = 6,197 \text{ tm}$$

$$M_y < M_{\text{bendingcrack}} \quad (\text{dari Spesifikasi WIKA BETON})$$

$$6,197 \text{ tm} < 17 \text{ tm} \dots\dots \text{OK}$$

Kontrol Tebal Poer Kolom

Perencanaan tebal poer harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi.

Data Perencanaan Poer :

- Dimensi Shearwall = 7450 x 400 mm
- Dimensi Poer = 9250x1800 x1000 mm
- Selimut Beton = 70 mm
- Ø Tulangan = 25 mm
- Mutu Beton, ($f'c$) = 35 MPa
- Dimensi tiang pancang = 600 mm
- λ = 1 (Beton Normal)
- α_s = 30 (Kolom Shearwall)
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi, (β)

$$\beta = \frac{7450}{400} = 18,625$$

- Tinggi Efektif Poer

$$d_x = 1000 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 917,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 892,5 \text{ mm}$$

Cek Geser Ponds 2 arah terhadap Kolom

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom oleh karena itu, Keliling penampang kritis (bo) ditentukan dengan perumusan dibawah :

bo = Keliling penampang kritis

$$= 2(b_{\text{shearwall}} + d) + 2(h_{\text{shearwall}} + d)$$

$$= 2(745 + 917,5) + 2(400 + 917,5) = 19370 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$d. \quad V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{18,625} \right) 1 \times \sqrt{35} \times 19370 \times 917,5$$

$$V_c = 19793213,67 \text{ N} = 19793,21 \text{ kN}$$

$$e. \quad V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{30 \times 917,5}{6070} + 2 \right) \sqrt{35} \times 19370 \times 917,5$$

$$= 29853990,47 \text{ N} = 29853,99 \text{ kN}$$

$$f. \quad V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \sqrt{35} \times 19370 \times 917,5$$

$$= 34696339 \text{ N} = 34696,34 \text{ kN (Menentukan)}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 19793,21 kN.

$$V_c \geq P_u \text{ tiang}$$

$$19793,21 \text{ kN} \geq 10420 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{Ok}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran pilecap memenuhi syarat terhadap geser ponds.

Cek Geser Ponds 2 arah terhadap Tiang

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom oleh karena itu, Keliling penampang kritis (b_o) ditentukan dengan perumusan dibawah :

$$\begin{aligned} b_o &= \text{Keliling penampang kritis} \\ &= \pi \times (D+d/2) \times 2 \\ &= \pi \times (600+917,5/2) \times 2 = 4767,367 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$\text{d. } V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{18,625} \right) 1 \times \sqrt{35} \times 4767,367 \times 917,5$$

$$V_c = 4871528,691 \text{ N} = 4871,53 \text{ kN}$$

$$\text{e. } V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{40 \times 717,5}{4139,05} + 2 \right) \sqrt{35} \times 4767,367 \times 917,5$$

$$= 16696309,31 \text{ N} = 16696,31 \text{ kN}$$

$$\text{f. } V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \sqrt{35} \times 4767,367 \times 917,5$$

$$= 8539503 \text{ N} = 8539,5 \text{ kN (Menentukan)}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $4871,53 \text{ kN} = 487,15 \text{ ton}$

$$V_c \geq P_u \text{ tiang}$$

$$487,15 \text{ ton} \geq 252,17 \text{ ton} \rightarrow \text{Ok}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran pilecap memenuhi syarat terhadap geser ponds

Desain Penulangan Poer Shearwall

Desain penulangan lentur poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang pancang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 4.72. Desain penulangan poer kolom akan menggunakan tulangan baja dengan data desain sebagai berikut :

Data Perencanaan :

- Dimensi Poer, $B \times L$ = $9250 \times 1800 \text{ mm}$
- Tebal Poer, = 1000 mm
- Mutu Beton, $(f'c)$ = 35 MPa
- Diameter Tul. Utama (\emptyset) = 25 mm
- Mutu Baja (f_y) = 400 MPa
- Elastisitas (E_f) = 200000 MPa
- Tebal Selimut Beton = 70 mm
- Tinggi efektif balok poer

$$d_x = 1000 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 917,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 892,5 \text{ mm}$$

Desain penulangan hanya dianalisis pada salah satu sumbu saja, hal tersebut dilakukan karena bentuk penampang poer yang simetris.

Desain Penulangan Poer

Berat Poer, $q_u = 9,25 \times 1,8 \times 2,4 = 39,96 \text{ Ton/m}$

$P_t = 2P_{max} = 3 \times 180,3 \text{ ton} = 540,975 \text{ ton}$

Momen-momen yang bekerja ;

$$\begin{aligned} M_u &= (P_t \times e) - \left(\frac{1}{2} q_u e^2 \right) \\ &= (540,975 \times 3,45) - \left(\frac{1}{2} \times 39,96 \times 4,65^2 \right) \\ &= 15966,387 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,0357 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

diasumsikan $\phi = 0,9$

Tulangan Arah X

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{15966387000}{0,9 \times 9250 \times 917,5^2} = 2,278 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{113,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 2,27}{400}} \right)$$

$$= 0,006$$

Cek Syarat ρ min

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

Cek rasio tulangan

$$\rho_{min} < \rho$$

$$0,0037 < 0,006$$

Sehingga $\rho_{pakai} = 0,006$

$$A_{s_{perlu}} = 0,006 \times 9250 \times 917,5 = 50347 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan lentur D 25 ,

$$A_{25} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (25)^2 = 490,9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{9250 \times 490,9}{50347} = 90,2 \text{ mm}$$

Syarat ; $S < 3h$ atau 450 mm

$$S < 3 \times 800 \text{ mm} = 2400 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai S yang terkecil, $S = 90 \text{ mm}$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{3300 \text{ mm} \times 490,9 \text{ mm}^2}{90 \text{ mm}} = 50450,92 \text{ mm}^2$$

Cek; $A_{s_{perlu}} < A_{s_{pakai}}$

$$50347 \text{ mm}^2 < 50450,92 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

Maka, digunakan tulangan D25 – 900 pada tulangan arah X.

Tulangan Arah Y

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{15966387000}{0,9 \times 9250 \times 892,5^2} = 2,4 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 2,4}{400}} \right) \\ &= 0,006 \end{aligned}$$

Cek Syarat ρ min

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

Cek rasio tulangan

$$\rho_{\min} < \rho$$

$$0,0037 < 0,0022$$

Sehingga $\rho_{\text{pakai}} = 0,006$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,006 \times 92500 \times 829,5 = 51885 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan lentur D25 ,

$$A_{25} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (25)^2 = 490,9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{3300 \times 490,9}{51885 \text{ mm}^2} = 87,5 \text{ mm}$$

Syarat ; $S < 3h$ atau 450 mm

$$S < 3 \times 800\text{mm} = 2400 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai S yang terkecil, $S = 85 \text{ mm}$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{3300 \text{ mm} \times 490,9 \text{ mm}^2}{85 \text{ mm}} = 53418,63 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek; } A_{s_{\text{perlu}}} < A_{s_{\text{pakai}}}$$

$$51885 \text{ mm}^2 < 53418,63 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

Maka, digunakan tulangan D25 – 85 pada tulangan arah Y.

Desain Penyaluran Tulangan Pada Tiang Pancang

Penyaluran tulangan untuk diteruskan pada Tiang Pancang direncanakan menggunakan tulangan baja berdiameter D25. Pada perencanaan Tulangann ini direncanakan dengan program bantu Spcoloumn dengan menggunakan P_{aksial} dari Output ETABS dan dibagi rata dengan jumlah TP yang digunakan dan untuk Momen didapatkan dari gaya lateral yang terjadi, sebagai berikut ;

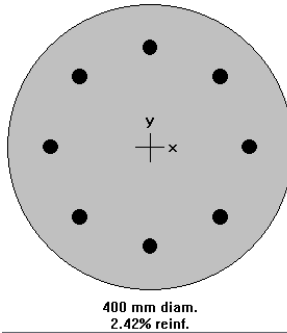
$$P = 1803 \text{ kN}$$

$$M_x = 118,4 \text{ kN}$$

$$M_y = 61,97 \text{ kN}$$

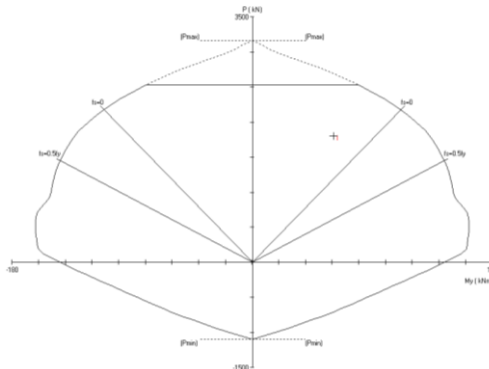
$$V_u = 3945 \text{ kN}$$

Untuk desain penulangan lentur TP akan digunakan program bantu *SpColumn*, dengan memasukkan gaya dalam berfaktor dan direncanakan diameter dan jumlah tulangan yang akan digunakan. Dari *trial and error* dengan *SpColumn* didapatkan konfigurasi tulangan 8D25, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 4. 73. Penampang Tiang Pancang

Hasil output dari program *SpColumn* berupa diagram interaksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.74 berikut :



Gambar 4. 74. Diagram Interaksi

Tulangan Sengkang

Jarak Maksimum

$$S_2 = d/2 = 337/2 = 168,5 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{A_v \times f_y}{0,35 b_w} = \frac{157,08 \times 400}{0,35 \times 400} = 448,8 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{A_v \times f_y}{0,062 \sqrt{f_c} b_w} = \frac{157,08 \times 400}{0,062 \sqrt{35} 400} = 428,2 \text{ mm}$$

BAB V

PENUTUP

5.1SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat saya ambil dari keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam perencanaan struktur dengan metode Sistem Rangka Bangunan dan Dinding Struktural yang terletak pada daerah pada daerah yang memiliki intensitas gempa sedang hingga tinggi perlu dipertimbangkan adanya gaya lateral yang bekerja terhadap struktur SPBL (Sistem Penahan Beban Lateral). Dalam hal ini, beban gempa struktur bangunan dominan dipikul oleh struktur SPBL yaitu dinding struktural. Hal ini terlihat dari hasil kontrol persentase dalam menahan gempa yang ditunjukkan pada tabel 4.18 dan 4.19.
2. Perencanaan Struktur Gedung Golden Tulip Essensial Hotel Semarang dengan Sistem Rangka Bangunan, bertujuan untuk melakukan pendetailan pada struktur SPBL yaitu dinding struktural akibat gempa lateral serta struktur non SPBL yaitu balok dan kolom harus memenuhi syarat kompatibilitas deformasi.
3. Dari hasil perencanaan struktur gedung Golden Tulip Essensial Hotel dengan menggunakan Sistem Rangka Bangunan didapatkan data-data dan hasil perencanaan sebagai berikut:
 - Mutu Beton (f_c') = 35 Mpa
 - Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa
 - Tebal Pelat Lantai = 25 cm
 - Jumlah lantai = 13 lantai

- Ketinggian per lantai = 4,5 m (lt.dasar-lt.1)
3,5 m (lt.2)
3,1 m (lt.3-13)
- Tinggi total gedung = 45,2 m
- Pelat
 - 1) Dimensi Pelat = 745 x 700 cm
700 x 505 cm
 - 2) Dimensi Drop Panel = 300 cm x 300 cm
 - 3) Rekapitulasi Penulangan Pelat pada Tabel 5.1:

Tabel 5. 1. Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

Arah Penulangan	Posisi Penulangan	Tulangan Pelat			
ARAH X	Tumpuan Coloumn Strip	Atas	D19	-	125
		Bawah	D19	-	250
	Lapangan Coloumn Strip	Atas	D19	-	300
		Bawah	D19	-	500
	Tumpuan Middle Strip	Atas	D19	-	250
		Bawah	D19	-	400
	Lapangan Middle Strip	Atas	D19	-	250
		Bawah	D19	-	400
ARAH Y	Tumpuan Coloumn Strip	Atas	D19	-	100
		Bawah	D19	-	250
	Lapangan Coloumn Strip	Atas	D19	-	250
		Bawah	D19	-	400
	Tumpuan Middle Strip	Atas	D19	-	200
		Bawah	D19	-	400
	Lapangan Middle Strip	Atas	D19	-	250
		Bawah	D19	-	400

- Balok Tepi
 - 1) Dimensi = 35x50 cm
 - 2) Penulangan lentur
 - Tumpuan Atas = 6D22
 - Tumpuan bawah = 4D22
 - Lapangan Atas = 3D22
 - Lapangan Bawah = 4D22

- 3) Penulangan geser
 - Geser Tumpuan = 2D13-125 mm
 - Geser Lapangan = 2D13-125 mm
- 4) Penulangan torsi = 6D22
- Kolom
 - 1) Dimensi Kolom
 - Lantai 1-4 = 80/80 cm
 - Lantai 5-9 = 70/70 cm
 - Lantai 10-13 = 60/60 cm
 - 2) Penulangan Lentur
 - Dimensi 80/80 = 16D25
 - Dimensi 70/70 = 16D25
 - Dimensi 60/60 = 12D25
 - 3) Penulangan Geser = 4D16-100
- Dinding Struktural
 - Tebal dinding = 40 cm
 - Tul. Vertikal = D22-120
 - Tul. Horizontal = D16-150
- Pondasi Tiang Pancang
 - Diameter TP = 60 cm
 - Kedalaman TP = 17 meter
 - Produksi = PT. Wika Beton
4. Menganalisis gaya-gaya dalam struktur gedung menggunakan program bantu ETABS dengan memasukkan gaya-gaya yang bekerja pada pelat serta beban vertical dan horizontal.
5. Dengan Drop Panel 300 x 300 cm dengan tebal 12 cm cukup menahan gaya geser pons.
6. Dengan struktur flat slab, gedung akan tampak lebih tinggi karena tanpa adanya balok-balok dalam. Pemasangan ME akan semakin dipermudah dalam pemasangan.
7. Struktur bawah bangunan terdiri dari 2 jenis pilecap untuk pondasi kolom dan pondasi

dinding struktural yang menggunakan Tiang Pancang dengan diameter 60 cm.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil modifikasi struktur gedung Golden Tulip Essensial Hotel yang telah dilakukan, maka disarankan:

1. Dalam merencanakan struktur flat slab, ukuran drop panel disamakan dengan ukuran perpotongan jalur kolom arah x dan arah y. Dengan membagi area pelat menjadi panel-panel lebih memudahkan dalam perhitungan kebutuhan tulangan. Selain itu juga memudahkan pelaksanaan pekerjaan penulangan dilapangan.
2. Untuk menghasilkan struktur gedung yang kuat tetapi juga mempertimbangkan aspek-aspek yang lain perlu dilakukan studi lebih lanjut dan mendalam sehingga yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu; kuat, ekonomis dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

Daftar Pustaka

- Badan Standatisasi Nasional. 2013. "*SNI 03 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standatisasi Nasional. 2012. "*SNI 03 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standatisasi Nasional. 2012. "*SNI 03 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain*". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- More, R. S., dan Sawant, V. S. 2013. "*Analysis Of Flat Slab*". Jurnal Aplikasi ISSN 2319-7064, Volume 4, 2/4 hal.
- Nawy, E. G., Tavo, dan Kusuma, B. 2010. "*Beton Bertulang Sebuah Pendekatan Mendasar Jilid 1*". Surabaya : ITSPress. 974 hal.
- Nawy, E. G., Tavo, dan Kusuma, B. 2010. "*Beton Bertulang Sebuah Pendekatan Mendasar Jilid 2*". Surabaya : ITSPress. 974 hal.
- Rajendran, R. 2016. "*A Review On Performance Of Shearwall*". Jurnal Aplikasi ISSN 0973-4562, Volume 11, No 3. 2/6 hal.
- Tavo dan Kusuma, B. 2009. "*Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*". Surabaya : ITSPress. 141 hal.
- Wight, J.K., dan MacGregor, J.K. 2012. "*Reinforced Concrete Mechanics dan Design*". New Jersey : Pearson Education. 1177 hal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS

Ririn Rosdiana Rachmawati



Penulis dilahirkan di Gresik, 07 Oktober 1994, merupakan anak ke-2 dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Banjarsari Gresik, SD Banjarsari 1 Gresik, SMPN 1 Gresik, SMAN 1 Gresik. Setelah lulus dari SMAN 1 Gresik tahun 2012, kemudian melanjutkan studinya di D3 Teknik Sipil FTSP-ITS. Setelah lulus dari progra D3 pada tahun 2015, penulis mengikuti Ujian Masuk Lintas Jalur S-1 dan diterima di Program Studi Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP-ITS dan terdaftar dengan NRP 3115 105 022. Di Program Studi Lintas Jalur ini, Penulis mengambil bidang studi bangunan gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Program Studi, Fakultas dan Institut.

LAMPIRAN A

1. Lembar Asistensi



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil 11.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp. 031-5946094, Fax. 031-5947284



Formulir A/TAG
Rev.01

NAMA PEMBIMBING	Prof. Tawio
NAMA MAHASISWA	RIRIN Rosdiana R
NRP	3115105022
JUDUL TUGAS AKHIR	DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN TULIP ESSENCIAL HOTEL MENGGUNAKAN METODE FIAT SLAB
TANGGAL PROPOSAL	10 Januari 2017
NO. SP-MMTA	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	28-02-17	- Preliminary Design	- Permodelan Struktur - Kecepatan Angin pada beban Angin	
2.	9-03-17	- Perhitungan P Tangga & Balok Bordes.		
3.	23-03-2017	- Kontrol Gempa - Kekuatan Geser pd Balok Tepi	- Kontrol mode 1 & 2 pd translasi - Cek kuat Geser sejarak 'd' - Faktor Reduksi 1.0 - Kombinasi menggunakan Envelope	
4.	30 Maret 2017	- Perhitungan Balok Tepi	- Cek Permodelan, join pelat dan Balok - Perhitungan Momen puntir - Mesh Area pada trap Jalur Kolom dan pelat tengah - penulangan diameter d'0" - Cek dengan SAFE untuk pelat	
5.	6 April	-	- Cek Eksentrisitas - Cek P-Delta - Tul. torsi merata	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
Rev.01

NAMA PEMBIMBING	: Proy. Tawio
NAMA MAHASISWA	: RIRIN Rosdiana Rachmawati
NRP	: 3115105022
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi Struktur Gorden Tulip Essential Hotel Menggunakan Metode flat slab
TANGGAL PROPOSAL	: 18 Januari 2017
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	20 April 2017	- Eksentrisitas & P-Delta	- eksentrisitas 5% - Cek Tul. Torci - Permodelan pd SAFE	
7.	4 Mei 2017	- Desain flat slab dgn beban gravitasi Rada SAFE - Perhitungan flat slab, drop panel - Cek Kapasitas geser	- Desain flat slab dengan kombinasi gempa - diameter tul. diganti dg	
8.	18 Mei 2017	- Perhitungan Pelat - Perhitungan Balok Tepi - Perhitungan Kolom	- Vu dr Parsial kolom - Kait pd Sengkang kolom - Perhitungan sw	
9.	30 Mei 2017	- Cek Kapasitas geser tul. pd tebal pelat - Perhitungan Shearwall Tipe 1 - Perhitungan Pondasi	- Boundary Element - Kontrol terhadap Eya lateral akibat gempa - Tulangan minimum pd flat slab	
10.	8 Juni 2017	- Perhitungan Shearwall Boundary Element	- Gambar struktur - Panjang pengaliran balok tul. kolom	

6



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	:	Dr. Ir. Hidayat Soegichardjo U.Ns.
NAMA MAHASISWA	:	RIRIN Resdiana Rachmawati
NRP	:	3015105022
JUDUL TUGAS AKHIR	:	Desain Modifikasi Struktur Golden Tulip Essential Hotel Menggunakan Metode Slot slab
TANGGAL PROPOSAL	:	18 Januari 2017
NO. SP-MMTA	:	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
		<ul style="list-style-type: none">- Penulangan Shearwall- Kapasitas MOMEN pd pondasi- Panjang Penyaluran dalam TP- Cek gaya geser pelat V13	<ul style="list-style-type: none">- Cek Gaya Normal- diameter TP- Penggambaran SW	



Form AK-TA-04
rev.01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil II.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. Hidayat Saegikardjo M.,Ns
NAMA MAHASISWA	: RIRIN Rosdiana Rachmauwati
NRP	: 3115105022
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi Struktur Golden Tulip Essensial Hotel Menggunakan Metode flat slab
TANGGAL PROPOSAL	: 18 January 2017
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	20 Maret 2017	- Preliminary Design. - Cek Drop Panel (ketebalan).		
2.	31 Maret 2017	- Struktur Sekunder Bertulang tangga - Pembatasan gempa	- R _s - Tegangan lelah ? - Penempatan beban hidup saat tdk sama penempatan	
3.	18 April 2017	- Pembatasan beban hidup dengan metode Catur - Analisa beban gempa	- Cek Momen tump. d. Lapangan - Pengontrolan P-delta pada flat slab? -	
4.	3 Mei 2017	- Kontrol P-delta - Beban Momen perbandingan antara beban catur d. merata untuk Beban hidup	- Cek Gaya Normal pada pelat - P-delta dgn Elabs - Penulangan struktur primer	
5.	12 Mei 2017	- P-delta pd elabs : perbandingan - Penulangan Balok Tepi - Perhitungan Plat Slab - Perhitungan Kolom	- Perbandingan gaya dalam pada Balok d. kolom akibat P-Delta - Gaya dalam pd Pelat - Perencanaan Shear wall	
6	2 Juni 2017	- Gaya Dalam pada pelat - Perbandingan momen akibat P-Delta - Perencanaan SW - Perencanaan pondasi	- Perhitungan pelat dengan gaya normal - Penulangan SW dibagi per 3 - Posisi Cek Kapasitas momen - Cek Gaya geser pelat	

LAMPIRAN B

Data Tanah

**CV. GEOREKAYASA**Soil Investigation, Geotechnics, Surveys
and Engineering Services

PROJECT	: DED Gedung POLDA Jawa Tengah	DISKRIPSI BY	: Superman
LOCATION	: Jl. Pahlawan Smg	ELEVATION EXISTING	: 0
BOR NO.	: B-3 (selatan)		
DATE START	: -	DATE FINISH	: -
MASTER BOR	: Maruf	BORING METHOD	: Coring, Sampling
DEPT OF BOR	: 30,0 m (0-30 m)	TYPE OF HAMMER	: Automatic Hammer
DEPT OF GWL	: 9,0 m	SAMPLING METHOD	: Thin walled (shelby) tube

Sample type : UDS & DS

Depth of Casing : 21,0 m

Depth (m)	SPT (N)				STANDARD PENETRATION (N)											Sample UDS	% of Core	SOIL SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	ELEVATION (m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	Depth of GWL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	N ₁	N ₂	N ₃	N	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100						110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															</

LAMPIRAN C

1. Spesifikasi Bahan Material
2. Spesifikasi Lift Hyuandai
3. Spesifikasi Tiang Pancang

Acian Plester dan Beton

Kegunaan

Adukan semen instan untuk pekerjaan acian pada permukaan plesteran

Standar Acuan Produk

- DIN 18550

Dasar Permukaan

- Permukaan plesteran (MU-100 atau MU-301)
- * Tidak disarankan untuk digunakan sebagai bahan acian pada permukaan lantai*

Keunggulan

- Dapat diaplikasi pada bagian interior & eksterior bangunan
- Lengket & plastis saat diaplikasi
- Adukan tidak cepat mengering saat diaplikasi
- Dapat mencegah terjadinya retak rambut pada dinding akibat penyusutan.
- Tidak memerlukan plamuur sebagai dasar pengecatan
- Tidak menyerap bahan cat, sehingga menghemat penggunaan bahan cat
- Hasil akhirnya lebih rapi & dapat menghemat biaya pemeliharaan bangunan

Cara Pemakaian

- Alat Kerja : Roskam baja, jidar panjang dari baja atau aluminium
- Persiapan :
 - Siapkan tempat kerja & permukaan yang hendak diaci.
 - Bersihkan dasar permukaan yang akan diaci dari serpihan, kotoran & minyak yang dapat mengurangi daya rekat adukan
 - Jika terlalu kering, basahi dasar permukaan yang akan diaci dengan air
- Pengadukan :
 - Tuang air kedalam bak adukan sebanyak 14,0 - 14,5 liter untuk tiap kantong MU-250 (40 kg)
 - Masukan adukan kering MU-250 kedalam bak adukan
 - Aduk campuran di atas hingga rata.
- Aplikasi :
 - Pengacian dilakukan secara manual sebagaimana umumnya yang kemudian diratakan dengan jidar panjang.
 - Tebal acian yang di anjurkan adalah 2 - 3 mm, tergantung kerataan dasar permukaannya.

Data Teknik

- Warna : Abu-abu putih
- Perekat : Semen Portland
- Bahan pengisi (filler) :
Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.

- Bahan tambah (additive) :
Bahan larut air guna meningkatkan kelecakan (konsistensi), daya rekat, daya menahan air & kekuatan.
- Kepadatan (density) :
 - Kering = 1,2 kg/liter
 - Basah = 1,8 kg/liter
- Tebal aplikasi : 1.5 - 3 mm, tergantung kerataan dasar permukaannya
- Batas waktu masih plastis : 2 jam setelah pengadukan
- Kebutuhan air : 14,0 - 14,5 liter / sak 40 kg
- Compressive strength
 - ASTM C109 : > 5 N/mm²
- Water retention
 - BS 4551 : 1980 : > 95 %
- Drying shrinkage : > 0.1 %

Daya sebar (coverage)

14 - 19 m² / sak 40 kg / 1.5 - 2 mm. Variasi tergantung bentuk dan kerataan permukaan.

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.

Plester

Kegunaan

Adukan semen instan untuk pekerjaan pemasangan bata merah, bata ringan (ALC) & plesteran

Standar Acuan Produk

- DIN 18550
- DIN 18555
- DIN 1053

Dasar Permukaan

Pekerjaan Pasangan Bata (*thick bed*) :

- Permukaan struktur yang rigid & stabil (sloof atau ring balok) baik beton atau baja
- Permukaan bata merah
- Permukaan bata ringan (ALC)

Pekerjaan Plesteran :

- Permukaan pasangan bata merah atau bata ringan (MU-300, MU-301 atau MU-380)
- Permukaan beton (terlebih dulu dengan pengetrikan dasar permukaan atau dengan *bonding agent*)

Keunggulan

- Berfungsi ganda dapat digunakan untuk pekerjaan pasangan bata & pekerjaan plesteran
- Adukan tidak cepat mengering & diserap oleh bahan pasangan bata
- Spesi adukan lebih tipis, sehingga dapat menghemat penggunaan bahan adukan.
- Pasangan bata lebih rapi & selanjutnya pada pekerjaan plesteran dapat menghemat bahan adukan.
- Dapat mencegah keretakan dinding akibat penyusutan.

Cara Pemakaian

Alat Kerja : Roskam besi, jidar baja atau aluminium

Persiapan :

- Pemasangan bata merah & bata ringan :

- Siapkan tempat kerja & dasar permukaan dimana akan dipasang bata.
- Pasang petunjuk-petunjuk yang cukup untuk kerataan pemasangan bata • Bersihkan dasar permukaan tersebut dari kotoran & minyak, kemudian basahi dengan air.
- Bata yang hendak dipasang sebaiknya juga di basahi terlebih dulu dengan air

- Plesteran :

- Pasang petunjuk-petunjuk yang cukup untuk kerataan pemlesteran
- Bersihkan dasar permukaan yang akan diplester dari serpihan, kotoran & minyak yang dapat mengurangi daya rekat adukan
- Jika terlalu kering, basahi dasar permukaan yang akan diplester dengan air

- Pengadukan :

- Masukkan adukan kering MU-301 kedalam bak adukan

- Tuang air sebanyak 6,0 - 6,5 liter untuk tiap kantong MU-301 (40kg)
- Aduk campuran di atas hingga rata.

- Aplikasi :

- Pemasangan bata & bata ringan (ALC) :

- Pemasangan bata dilakukan sebagaimana umumnya.
- Tebal spesi yang di anjurkan adalah 10 mm

- Plesteran :

- Pemlesteran dilakukan sebagaimana umumnya.
- Tebal plesteran yang di anjurkan adalah 10 15 mm

Data Teknik

- Warna	: Abu-abu muda
- Perekat	: Semen Portland
- Agregat	: Pasir silika dengan besar butir maksimum 3.0 mm
- Bahan pengisi (filler)	: Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.
- Bahan tambah (additive)	: Bahan larut air guna meningkatkan kelecakan (konsistensi), daya rekat & kekuatan
- Kepadatan (density)	: Kering = 1,7 kg/liter Basah = 1,9 kg/liter
- Tebal aplikasi	: 10 mm untuk pasangan bata & bata ringan 10 15 mm untuk plesteran.
- Kebutuhan air	: 6,0 - 6,5 liter / sak 40 kg
- Compressive strength	: ASTM C109 : > 6 N/mm ²
- Water retentition	: BS 4551 : 1998 : > 95 %
- Drying shrinkage	: ASTM C531 : > 0.1 %

Daya sebar (coverage)

- Pekerjaan pemasangan bata
Bata merah : 1,0 - 1,25 m² / sak 40 kg / 10 mm
Bata ringan (ALC): 3.2 m² / sak 40 kg / 10 mm

- Pekerjaan plesteran
Bata merah : ± 1,9 m² / sak 40 kg / 10 mm
Bata ringan (ALC) : 2.1 m² / sak 40 kg / 10 mm

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.

Perekat Bata Ringan

Kegunaan

Adukan semen instan sebagai perekat untuk pekerjaan pemasangan bata ringan atau beton ringan (ALC)

Standar Acuan Produk

- DIN 18550
- DIN 18555

Dasar Permukaan

- Permukaan struktur yang rigid & stabil (sloof atau ring balk) baik beton atau baja
- Permukaan beton ringan (ALC)

Keunggulan

- Lengket & plastis saat diaplikasi
- Daya rekat tinggi dengan ketebalan 3 mm (*thin bed*)
- Pasangan bata ringan dapat disusun lebih tinggi sebelum kolom praktis didirikan
- Hemat penggunaan bahan adukan
- Sangat cepat dikerjakan
- Tidak menyusut
- Rapih & sangat kuat hasilnya
- Dapat juga digunakan untuk pekerjaan perbaikan permukaan beton

Cara pemakaian

- Alat Kerja : Roskam bergigi 6 mm
- Persiapan :
 - Siapkan tempat kerja & dasar permukaan dimana akan dipasang bata ringan
 - Pasang petunjuk-petunjuk yang cukup untuk kerataan pemasangan bata ringan
 - Bersihkan dasar permukaan tersebut dari kotoran & minyak, kemudian basahi dengan air.
 - Bata ringan yang hendak dipasang sebaiknya juga di basahi terlebih dulu permukaannya dengan air
- Pengadukan :
 - Masukkan adukan kering MU-380 kedalam bak adukan
 - Tuang air sebanyak 10,0 10,5 liter untuk tiap kantong MU-380 (40 kg)
 - Aduk campuran di atas hingga rata
- Aplikasi :
 - Pemasangan bata ringan dilakukan secara manual dengan roskam bergigi sebagaimana umumnya.
 - Tebal spesi adukan perekat yang di anjurkan adalah 3 mm

Data Teknik

- Warna : Abu-abu muda
- Perekat : Semen Portland
- Agregat : Pasir silika dengan besar butir maksimum 0,6 mm

- Bahan pengisi (filler) : Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.
- Bahan tambahan (additive) : Bahan larut air guna meningkatkan kelecakan (konsistensi), daya rekat & kekuatan
- Kepadatan : Kering = 1,60 kg/liter
Basah = 1,85 kg/liter
- Tebal aplikasi : ± 3 mm
- Kebutuhan air : 10,0 10,5 liter / sak 40 kg
- Compressive strength ASTM C109 : > 12 N/mm²
- Water retention BS 4551 : 1998 : > 95 %
- Adhesion strength (pull-off) BS 4551 : 1998 : > 0.5 N/mm²

Daya sebar (coverage)

Beton ringan tebal 10 cm
 $\pm 12 - 18 \text{ m}^2 / \text{sak } 40 \text{ kg} / 2 - 3 \text{ mm}$
 Beton ringan tebal 7,5 cm
 $\pm 18 - 25 \text{ m}^2 / \text{sak } 40 \text{ kg} / 2 - 3 \text{ mm}$

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.



Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm)	: 600
Tinggi, H (mm)	: 200 ; 400
Tebal, T (mm)	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, (ρ)	: 530 kg/m ³
Berat jenis normal, (ρ)	: 600 kg/m ³
Kuat tekan, (σ)	: $\geq 4,0$ N/m ²
Konduktifitas termis, (λ)	: 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

Citicon Light Concrete Technical Specifications

Length, L (mm)	: 600
Height, H (mm)	: 200 ; 400
Thick, T (mm)	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, (ρ)	: 530 kg/m ³
Field Density, (ρ)	: 600 kg/m ³
Compressive Strength, (σ)	: ≥ 4.0 N/m ²
Thermal Conductivity, (λ)	: 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

ROMAN FLOOR & WALL

PACKAGING INFORMATION

Factory	Size	Pcs/Box	Approx. sqm/box	Approx. weight/Box (kg)	Boxes/Pallets	Pallets/Container	Approx. gross weight/Pallets	Approx. box/Container	Approx. gross weight/Container (tonne)	Approx. sqm/Container
Wall tiles										
SRKI	30x60	6	1.08	18.6	72 48	15 1	1364 918	1128	21.4	1218
RCI	25x75	5	0.94	17.5	52 20	20 8	935 375	1200	21.7	1128
SRKI	20x60	8	0.96	16.8	64 32	19 1	1100 563	1248	21.5	1198
RCI	25x50	8	1	16.2	80 60	10 8	1321 997	1280	21.2	1280
SRKI/RCI	20x40	12	0.96	14.0	96 72	15 1	1369 1033	1512	21.6	1452
RCI	25x25	16	1	14.0	84	18	1201	1512	21.6	1512
SRKI	30x30	11	0.99	16.8	81 54	15 1	1386 932	1269	21.7	1256
Floor tiles										
RCI	20x20	25	1	15.3	100	14	1555	1400	21.7	1400
SRKI	30x30	11	0.99	16.0	66	20	1081	1320	21.6	1307
SRKI	33.3x33.3	9	1	17.3	72	17	1271	1224	21.6	1224
RCI	40x40	6	0.96	17.0	80 40	15 1	1385 705	1240	21.5	1190
RCI	50x50	4	1	20.5	72 36	10 8	1501 763	1008	21.1	1008

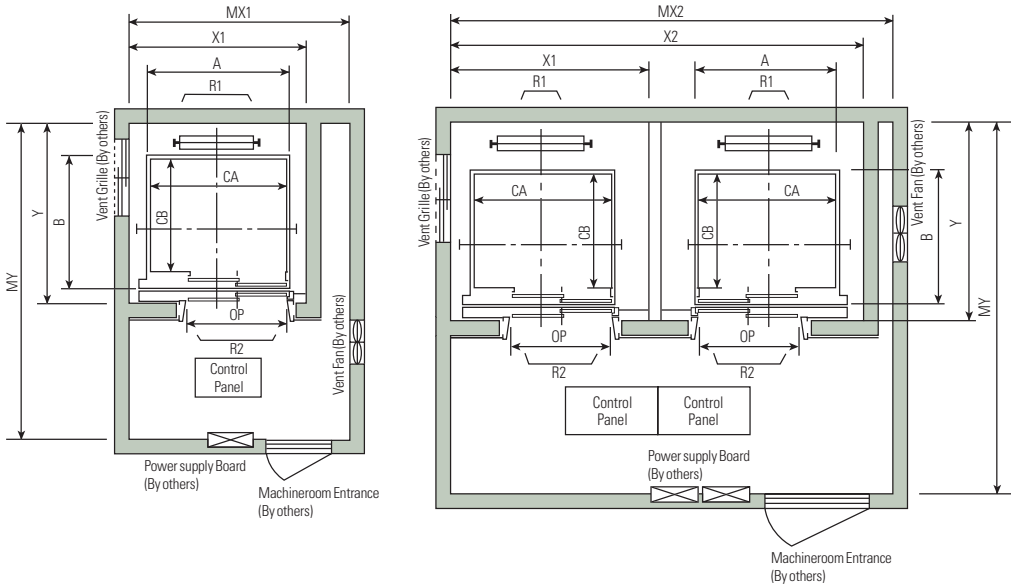
NOTE :

- The governing sizes and weights are subject to the usual variations expected of fired ceramic productions.
- The colours illustrated here are produced near to actual colours.
- Slight variations of shades/colours and surface finishes are inherent due to the nature of ceramic tile production process.
- Packing information may vary depending on specification of each motive and size.

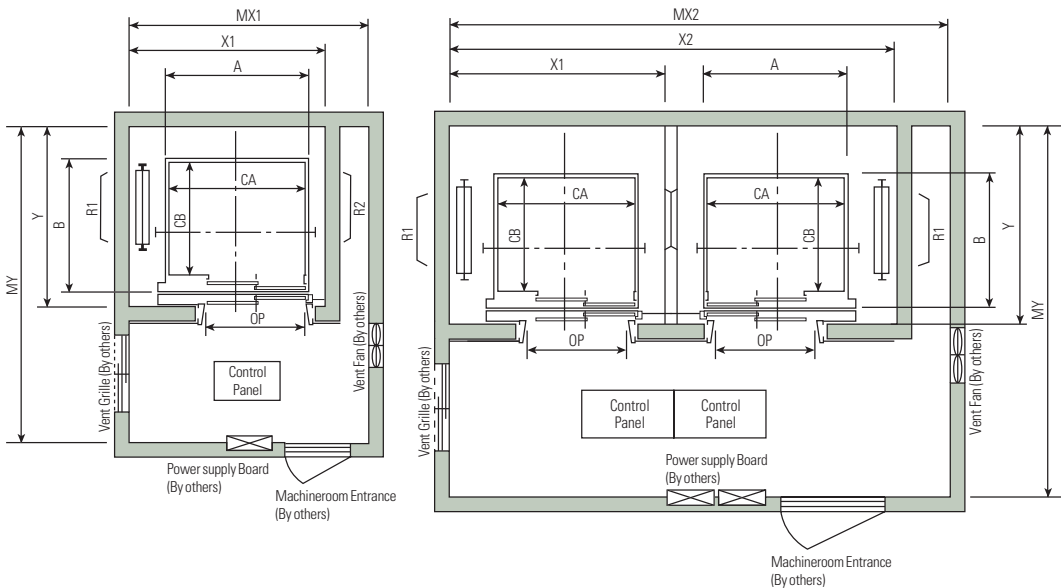
Layout Plan - LUXEN(Gearless Elevators) 1~2.5m/sec | Side open

Plan of Hoistway & Machine Room

Rear Drop



Side Drop



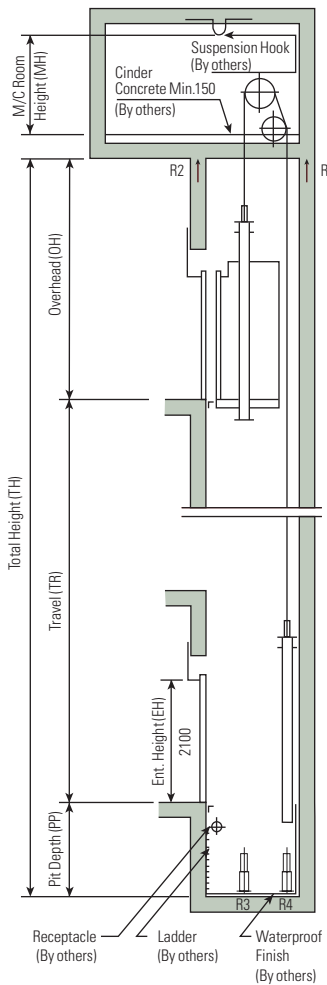
Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Load (kg)	450 ~ 1000		1150 ~ 1600		M/C Room Height (MH)
	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	
1.0	4200	1300	4200	1400	2200
1.5	4400	1400	4400	1500	2400
1.75	4500	1500	4500	1600	
2.0	4700	1900	4700	2000	2600
2.5	5000	2200	5000	2200	

- Notes : 1. Above dimentions are applied for car height of 2500mm, for other applicable dimensions, contact us.
2. In case of requested double isolation pad, machine room height should be increased 200mm.
3. Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

Manufacturer Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	C.WT Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)		
	Persons	kg				Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	Reaction (kg)	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	2 Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1160 x 1292	1550	3200	1800	1800	3500	3600	3600	2000	5400	4500	
	8	550		800	Rear	1100 x 1250	1160 x 1442	1550	3200	1950	1800	3500	3750	4050	2250	6000	4900	
	9	600		800	Rear	1100 x 1400	1160 x 1592	1550	3200	2100	1800	3500	3900	4100	2450	6300	5100	
	10	700		900	Rear	1400 x 1100	1460 x 1292	1800	3700	1800	2000	4000	3600					
1.5	11	750		800	Side	1100 x 1600	1160 x 1792	1850	3700	2050	2000	4000	3800	4200	2700	6800	5400	
	13	900		900	Side	1100 x 1650	1160 x 1842	1850	3700	2100	2000	4000	3900	4550	2800	7100	5600	
1.75	15	1000		900	Side	1100 x 2100	1160 x 2292	1850	3700	2550	2000	4000	4350	5450	4300	8600	6600	
				1100	Rear	2100 x 1100	2160 x 1292	2550	5200	1800	2550	5200	3600					
	17	1150		1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	4300	2650	2100	4300	4400	6600	5100	11000	8700	
	20	1350		1100	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2250	4600	2750	2250	4600	4500	7800	6000	12200	9500	
2.0	24	1600		1200	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2450	5000	2750	2450	5000	4500	8500	6800	13600	10400	
	13	900		900	Side	1200 x 1800	1300 x 2007	2200	4500	2250	2500	4500	4300	12030	6650	9000	7500	
	15	1000	900	Side	1200 x 1900	1300 x 2107	2200	4500	2350	2500	4500	4400	12800	6950	9400	8000		
			1000	Rear	1600 x 1500	1700 x 1707	2250	4600	2300	2550	4600	4400	12800	6950	9400	8000		
			1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2200	4500	2650	2500	4500	4700	13080	7150	11000	8700		
	17	1150	1100	Rear	2000 x 1350	2100 x 1557	2650	5400	2150	2950	5400	4200						
			1000	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2300	4700	2750	2600	4700	4800	14350	7650	12200	9500		
			1100	Rear	2000 x 1500	2100 x 1707	2650	5400	2300	2950	5400	4400						
			1100	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2500	5100	2750	2800	5100	4800	15100	8100	13600	10400		
	24	1600	1200	Rear	2100 x 1650	2200 x 1857	2750	5600	2450	3050	5600	4500						

EN81 Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	C.WT Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room		Pit Reaction	
	Persons	kg				Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	Reaction (kg)		Reaction (kg)	
														CA × CB	A × B	X1	X2
1.0	6	450	2 Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1160 x 1292	1550	3200	1800	1800	3500	3600	3600	2000	5400	4500
	7	550		800	Rear	1100 x 1250	1160 x 1442	1550	3200	1950	1800	3500	3750	4050	2250	6000	4900
	8	630		800	Rear	1100 x 1400	1160 x 1592	1550	3200	2100	1800	3500	3900	4100	2450	6300	5100
	9	700		900	Rear	1400 x 1100	1460 x 1292	1800	3700	1800	2000	4000	3600				
1.5	10	800		800	Side	1100 x 1600	1160 x 1792	1850	3700	2050	2000	4000	3800	4200	2700	6800	5400
	12	900		900	Side	1100 x 1650	1160 x 1842	1850	3700	2100	2000	4000	3900	4550	2800	7100	5600
1.75	13	1000		900	Side	1100 x 2100	1160 x 2292	1850	3700	2550	2000	4000	4350	5450	4300	8600	6600
				1100	Rear	2100 x 1100	2160 x 1292	2550	5200	1800	2550	5200	3600				
	15	1150		1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	4300	2650	2100	4300	4400	6600	5100	11000	8700
	18	1350		1100	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2250	4600	2750	2250	4600	4500	7800	6000	12200	9500
2.0	21	1600		1200	Side	1400 x 2400	1500 x 2607	2350	5000	2850	2450	5000	4600	8500	6800	13600	10400
	12	900		900	Side	1200 x 1800	1300 x 2007	2200	4500	2250	2500	4500	4300	12030	6650	9000	7500
	13	1000	900	Side	1200 x 1900	1300 x 2107	2200	4500	2350	2500	4500	4400	12800	6950	9400	8000	
			1100	Rear	1600 x 1400	1700 x 1607	2250	4600	2200	2550	4600	4300	12800	6950	9400	8000	
			1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2200	4500	2650	2500	4500	4700	13080	7150	11000	8700	
	15	1150	1100	Rear	1800 x 1400	1900 x 1607	2450	5000	2200	2750	5000	4300					
			1000	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2300	4700	2750	2600	4700	4800	14350	7650	12200	9500	
			1100	Rear	2000 x 1500	2100 x 1707	2650	5400	2300	2950	5400	4400					
			1200	Side	1400 x 2400	1500 x 2607	2400	4900	2750	2700	4900	4800	15100	8100	13600	10400	
	21	1600	1200	Rear	2100 x 1650	2200 x 1857	2750	5600	2450	3050	5600	4500					

LAMPIRAN D

Gambar Arsitektur dan Gambar Struktur



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

4TH-8TH FLOOR

SKALA

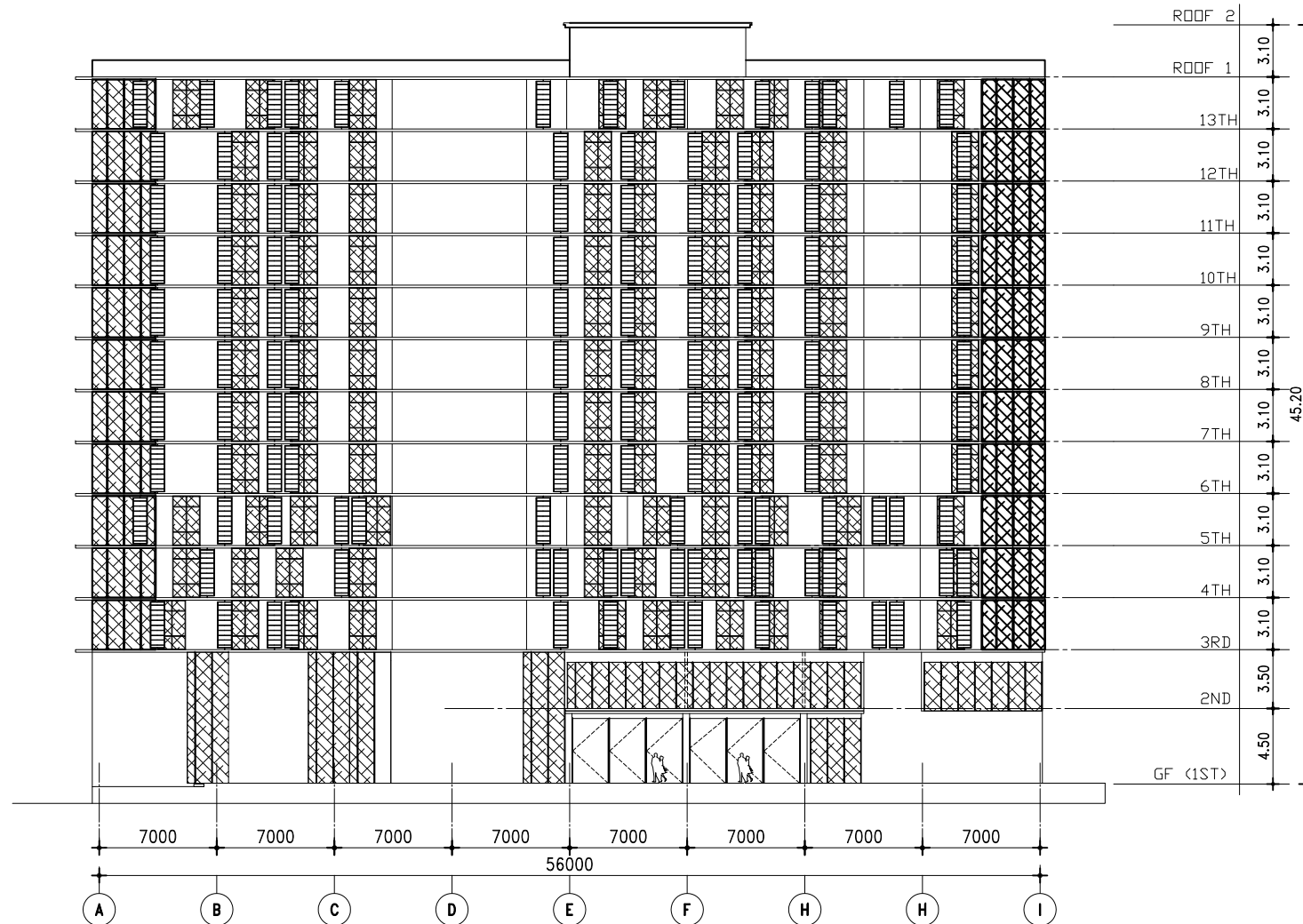
1 : 400

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

ARS

001



TAMPAK DEPAN

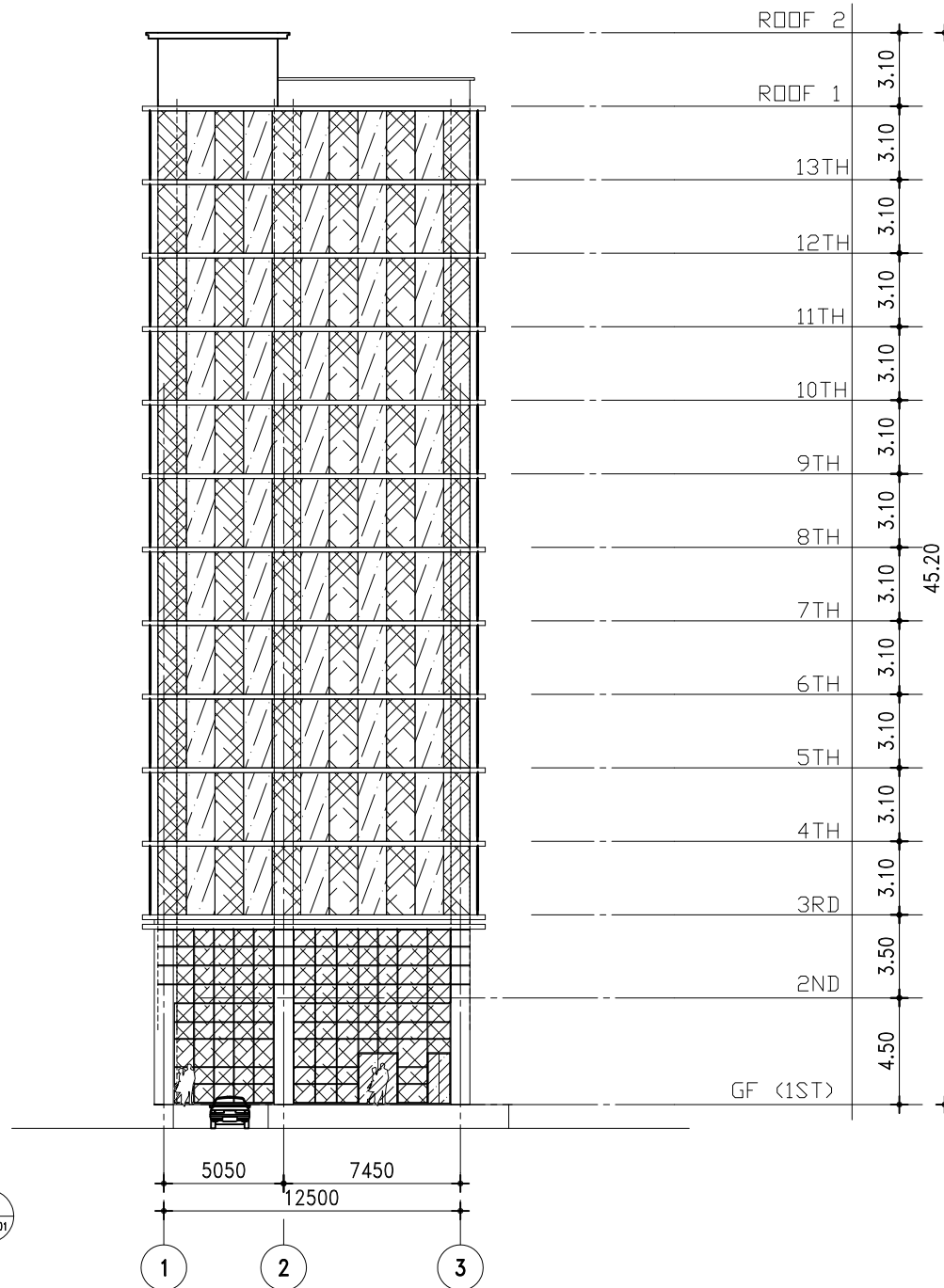
SKALA

1 : 500

1

AR-1204

TAMPAK SAMPING 2
SKALA 1 : 400 AR-1201



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

Dosen PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

TAMPAK SAMPING

SKALA

1 : 300

KODE GAMBAR

ARS

NO LEMBAR

002



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH GROUND FLOOR

SKALA

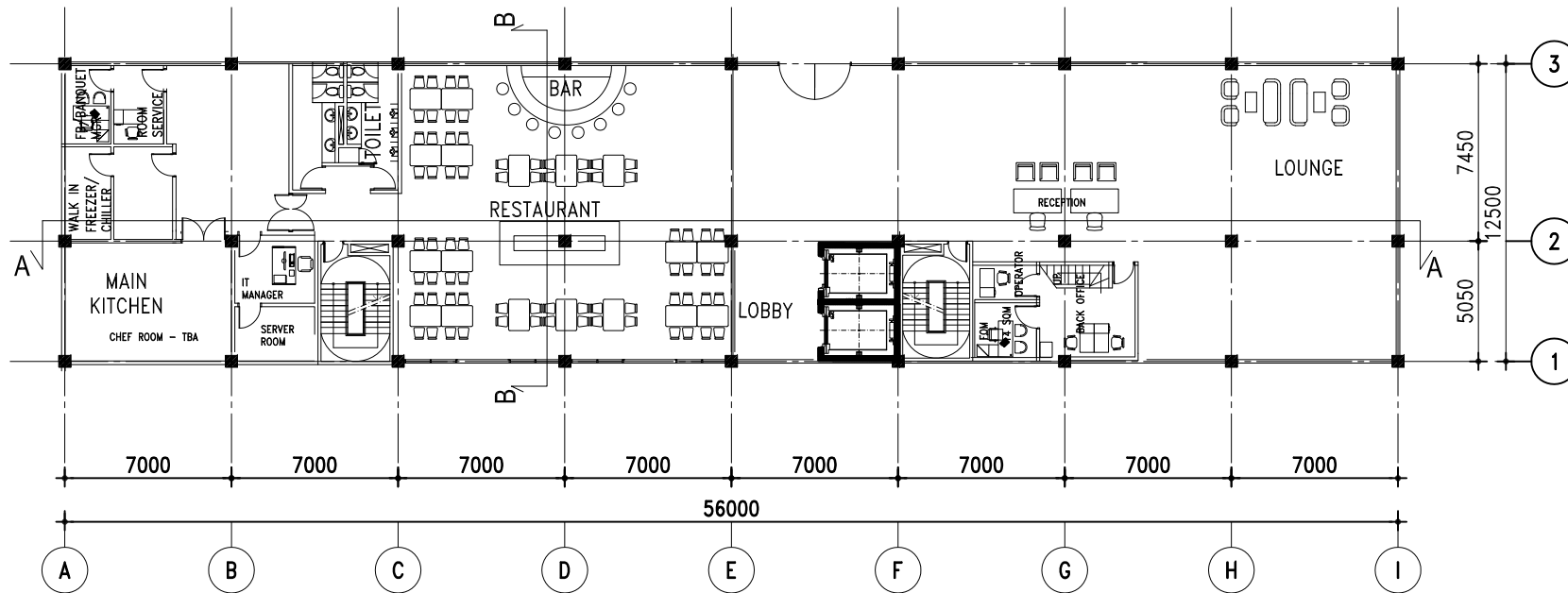
1 : 300

KODE GAMBAR

ARS

NO LEMBAR

003



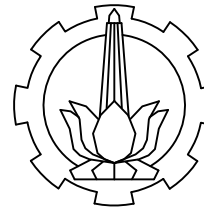
GROUND FLOOR

SKALA

1 : 400

1

AR-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH 2ND FLOOR

SKALA

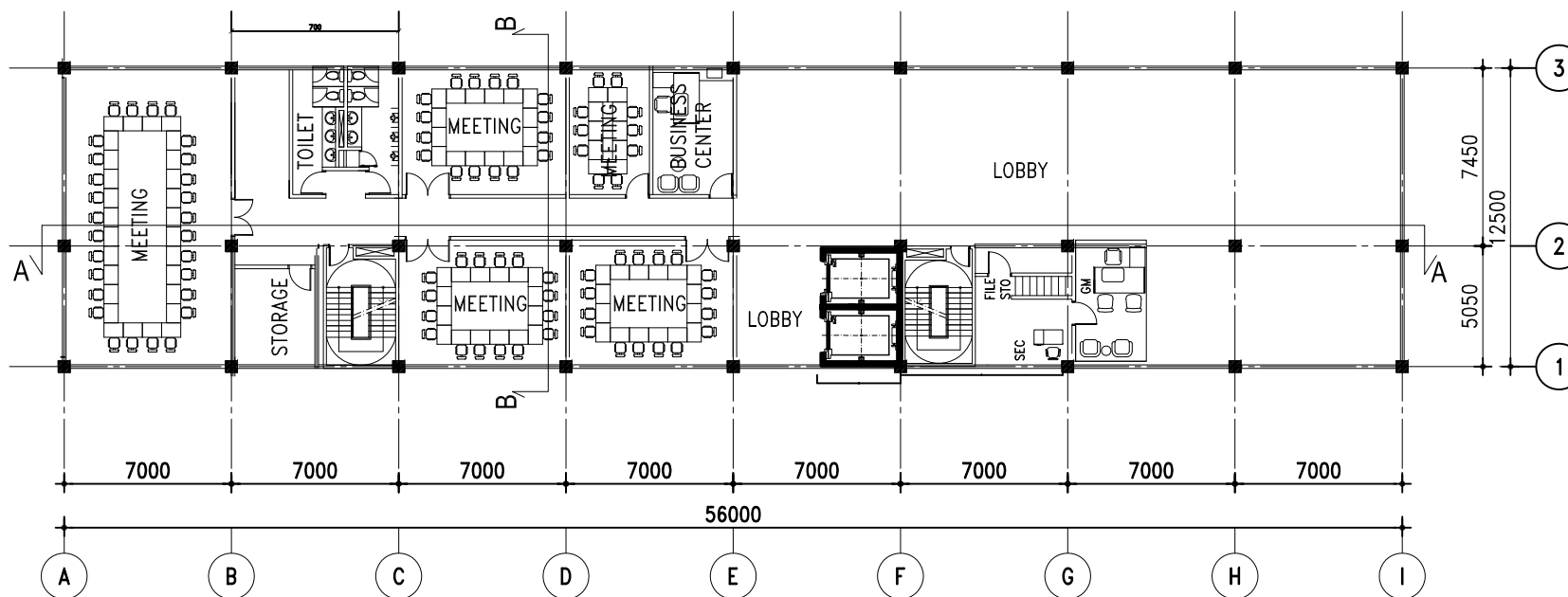
1 : 300

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

ARS

004



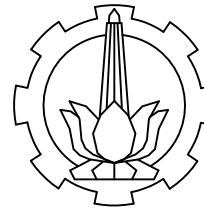
2ND FLOOR

SKALA

1 : 400

2

AR-1103



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH 3RD-9TH FLOOR

SKALA

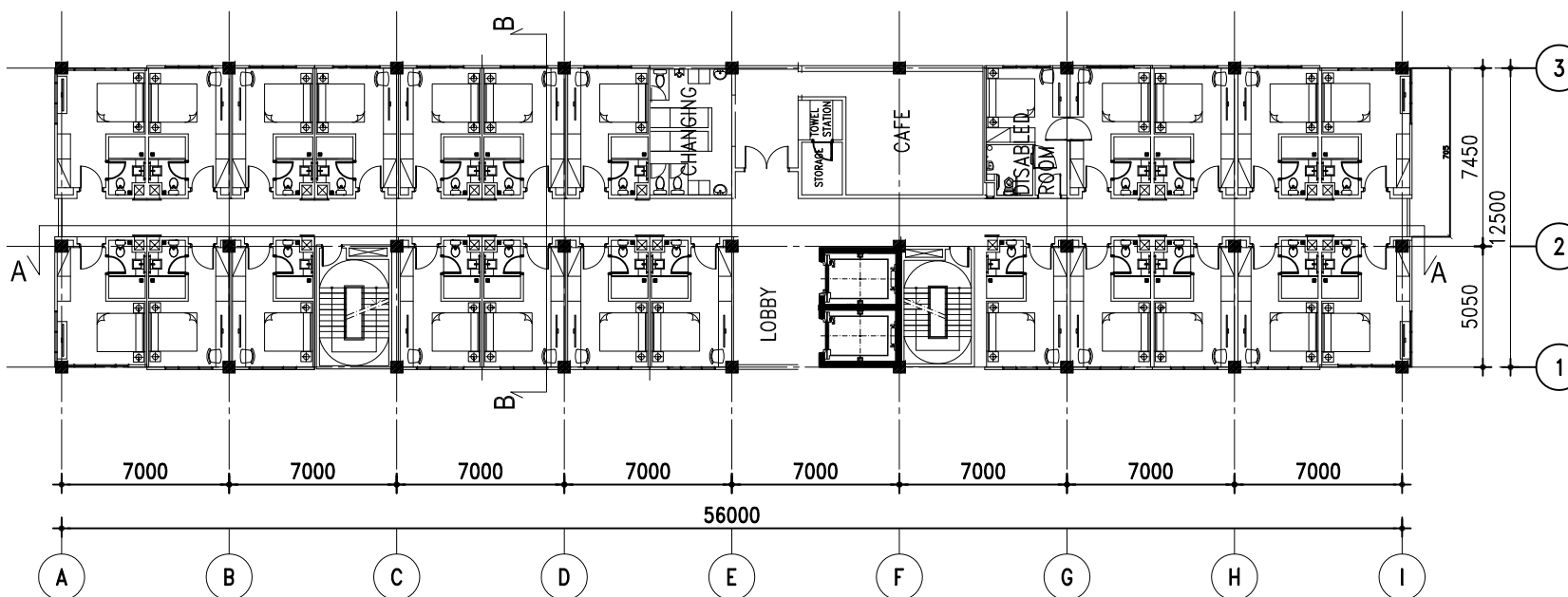
1 : 300

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

ARS

005



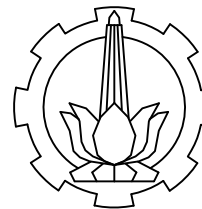
3RD AND 9TH FLOOR

3

SKALA

1 : 400

AR-1104



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH ROOF FLOOR

SKALA

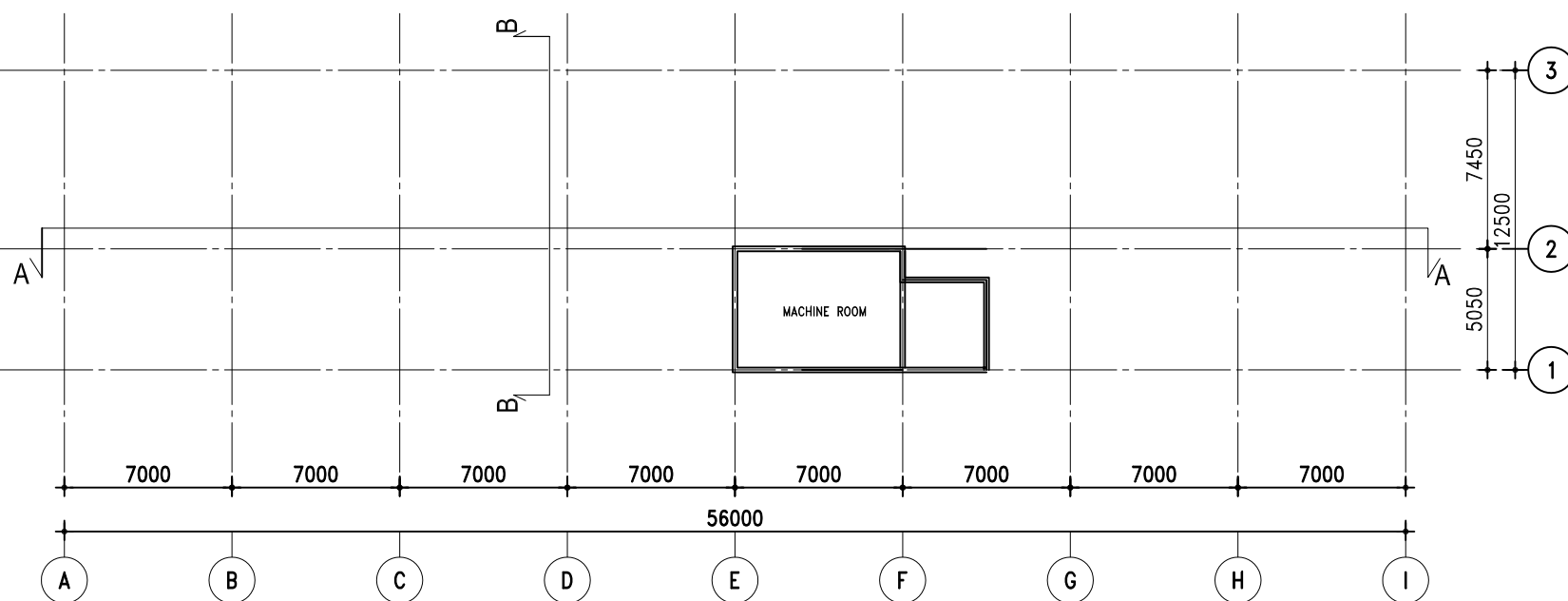
1 : 300

KODE GAMBAR

ARS

NO LEMBAR

007



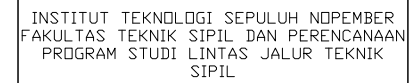
ROOF FLOOR

S K A L A

1 : 400

4

AR-1103



DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

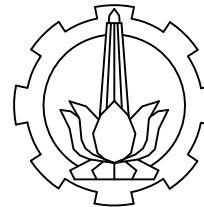
Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

--	--

1 : 400

008





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

Dosen PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH ROOF FLOOR

SKALA

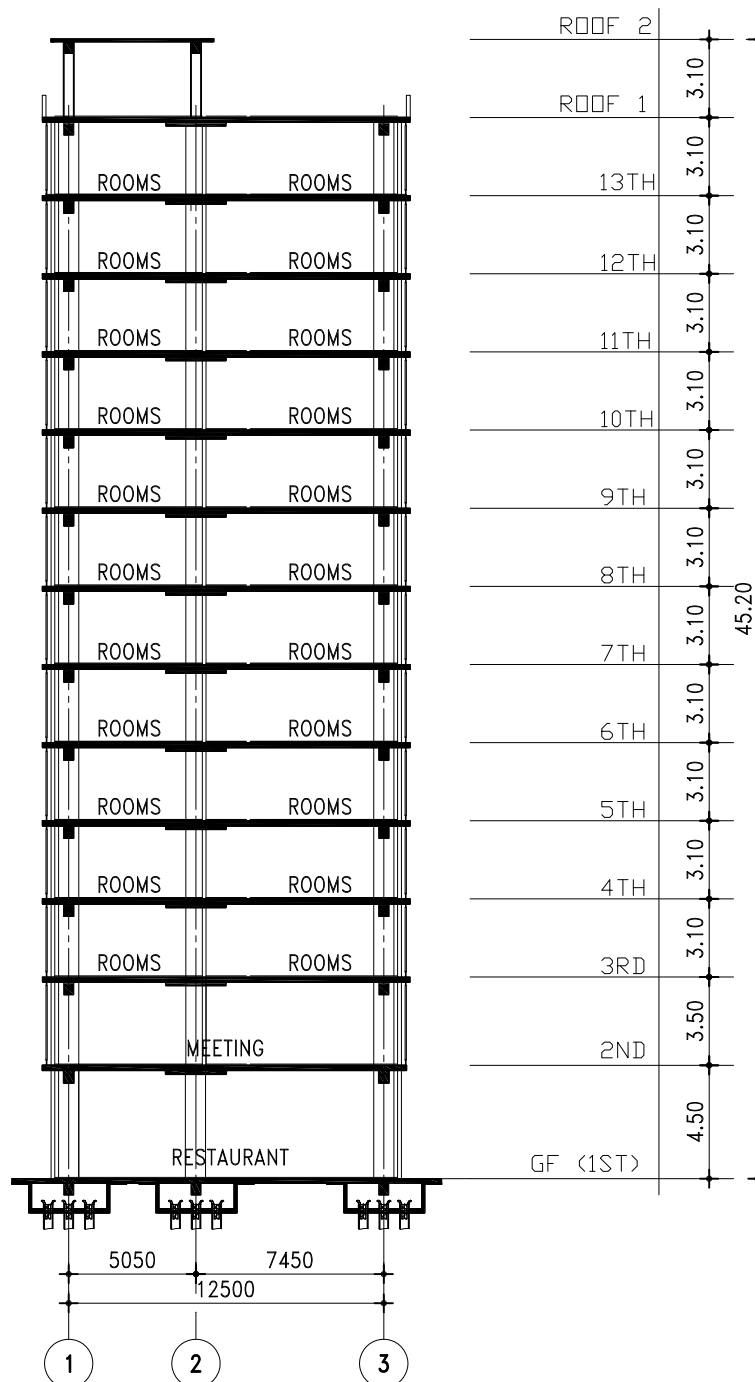
1 : 300

KODE GAMBAR

ARS

NO LEMBAR

009



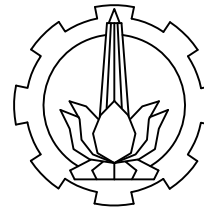
POTONGAN B-B

SKALA

1 : 400

2

AR-1302



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK SLOOF

SKALA

1 : 300

KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR

001

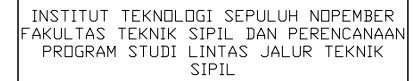


DENAH PEMBALOKAN SLOOF

SKALA 1 : 300

1

STR



DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

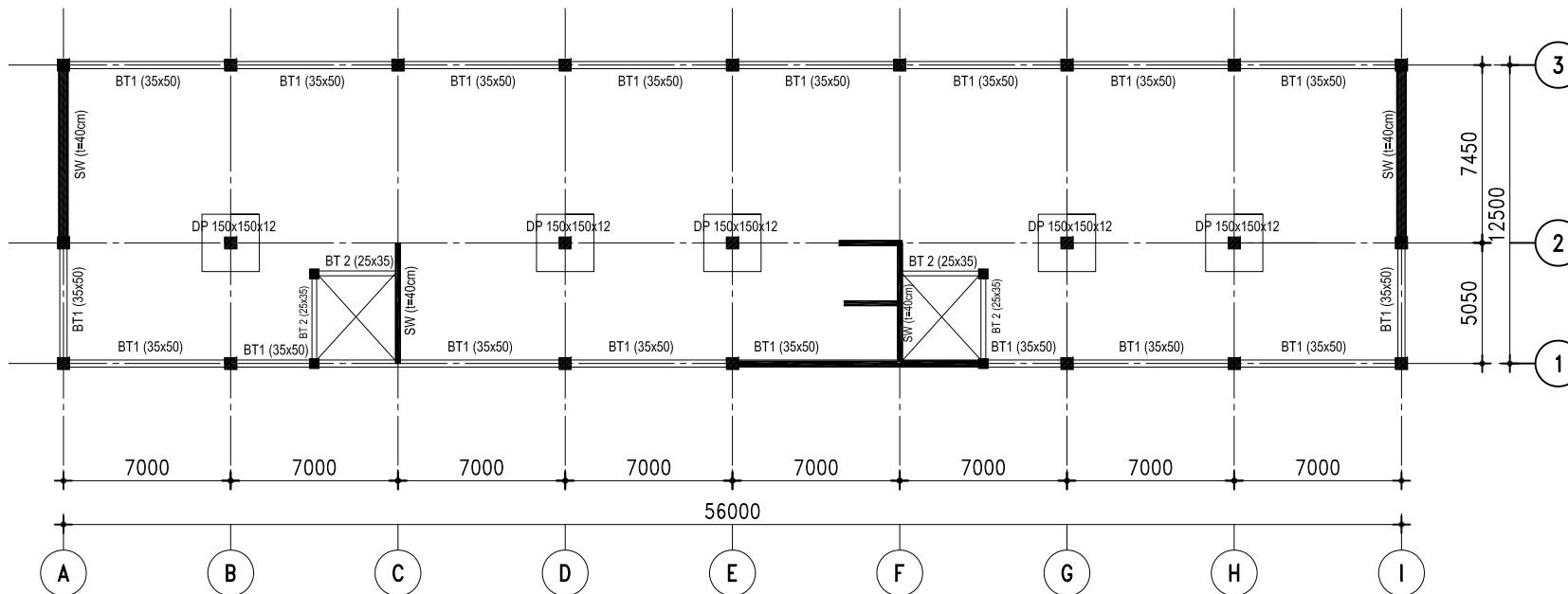
Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

--	--

1 : 300

002



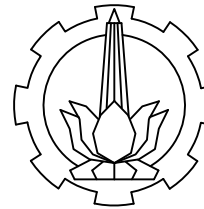
DENAH PEMBALOKAN LANTAI 1-13

S K A L A

1 : 300

1

STR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI ATAP

SKALA

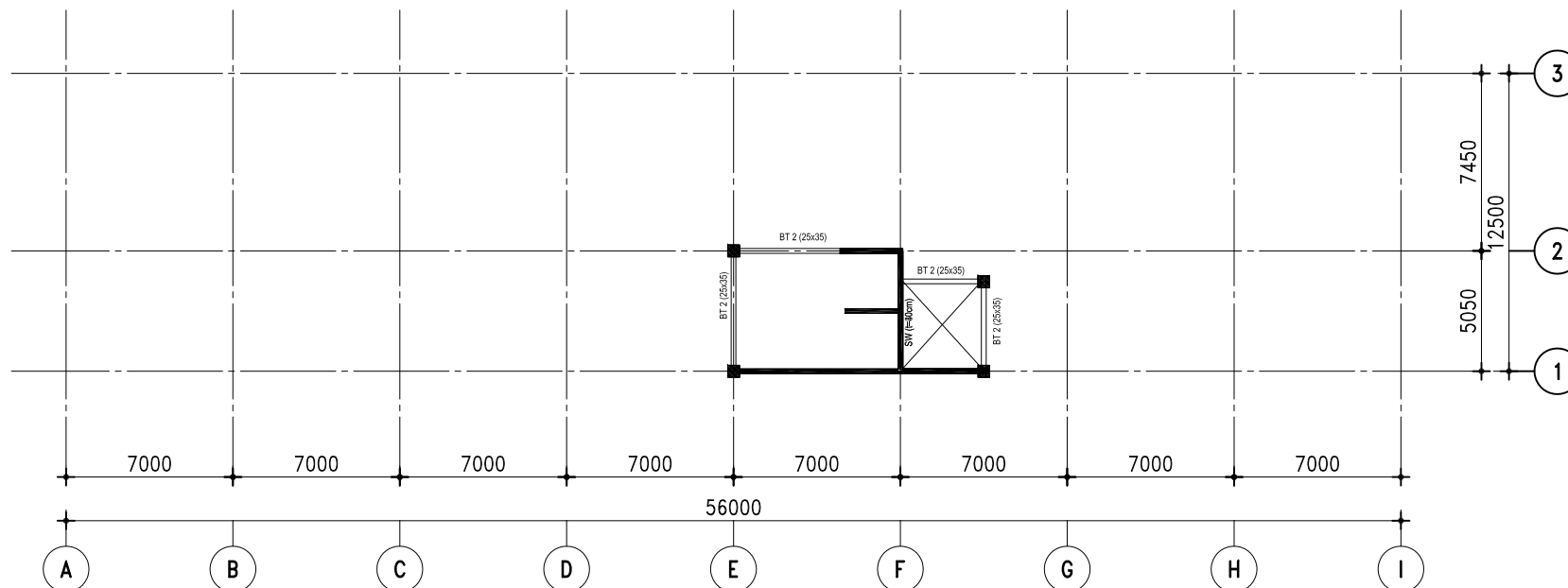
1 : 300

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

STR

003

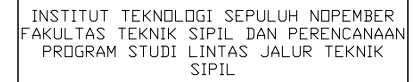


DENAH PEMBALOKAN LANTAI ATAP

SKALA 1 : 300

1

STR



DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

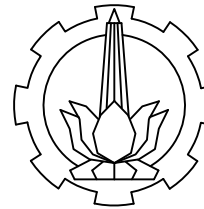
Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

--	--

004



LANTAI	KOLOM	DIMENSI
1 - 4	K1	80 x 80 cm
5 - 9	K2	70 x 70 cm
10 - 12	K3	60 x 60 cm
1 - 12	K4	40 x 40 cm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LANTAI ATAP

SKALA

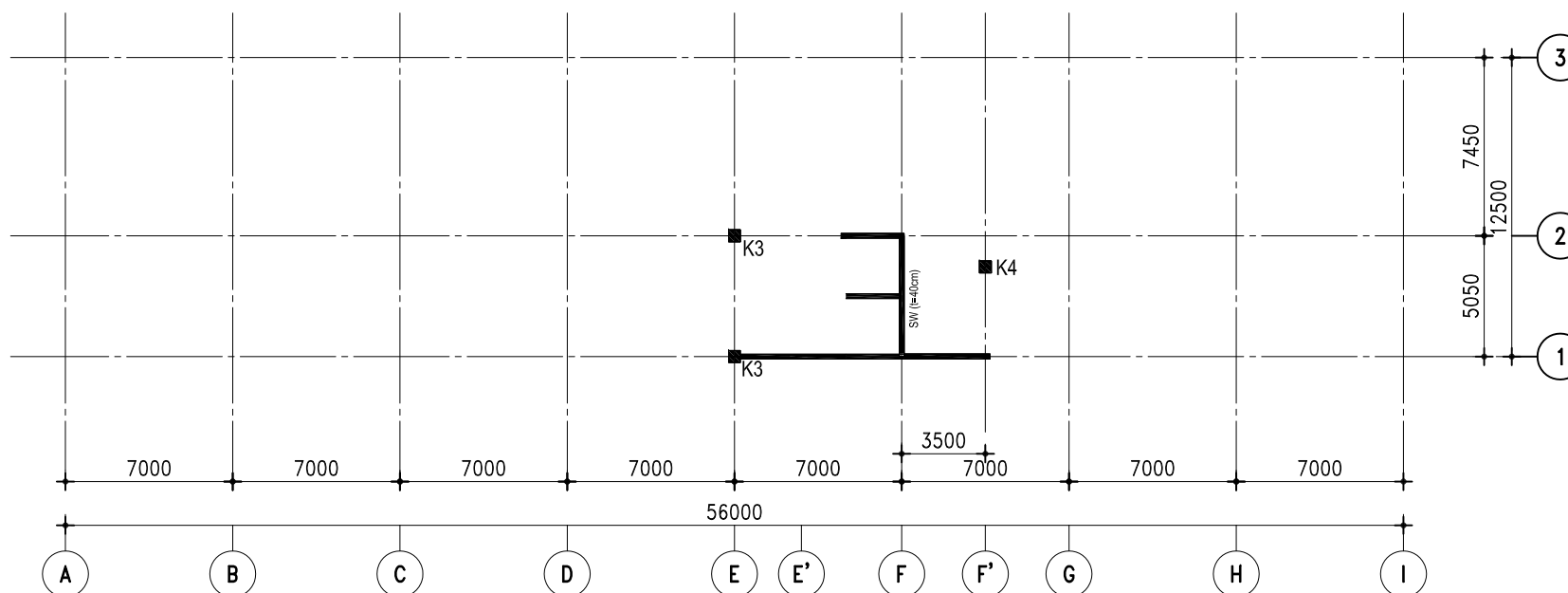
1 : 300

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

STR

005



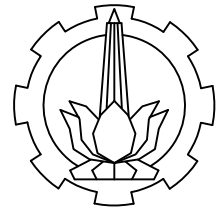
DENAH KOLOM LANTAI ATAP

SKALA 1 : 300

1

STR

LANTAI	KOLOM	DIMENSI
1 - 4	K1	80 x 80 cm
5 - 9	K2	70 x 70 cm
10 - 12	K3	60 x 60 cm
1 - 12	K4	40 x 40 cm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 1-13

SKALA

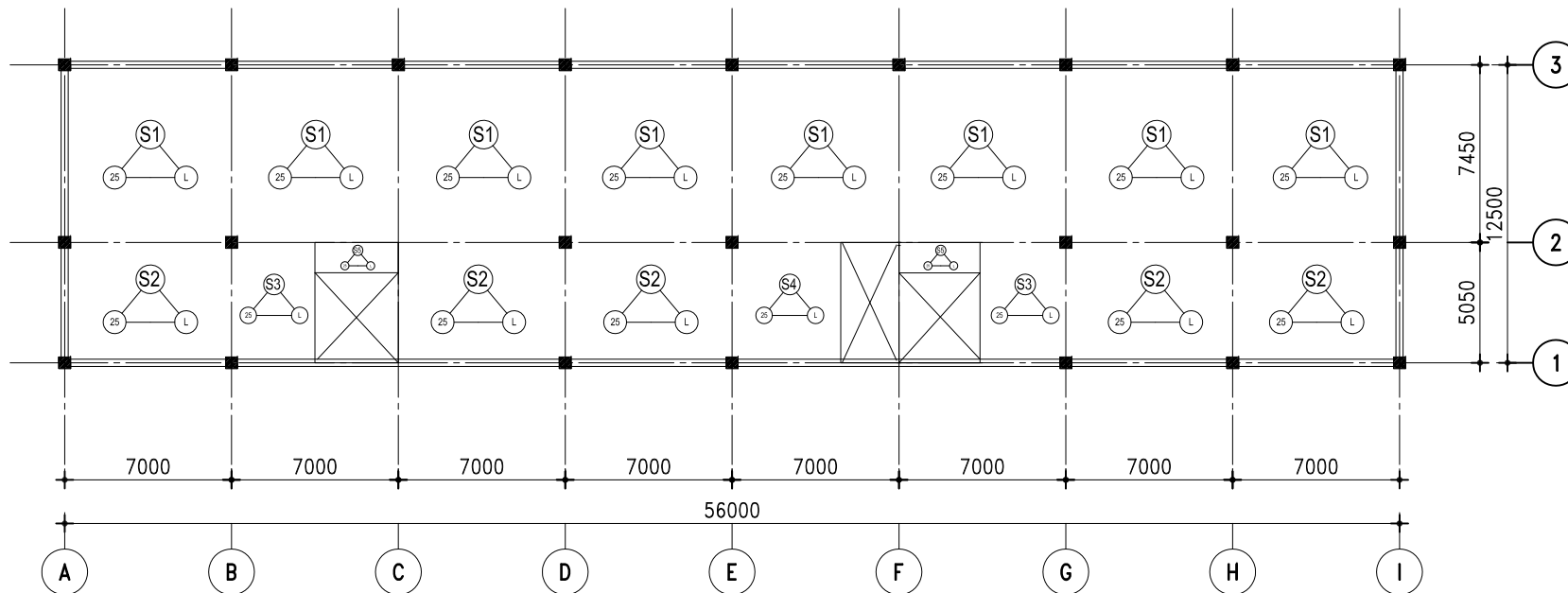
1 : 300

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

STR

006



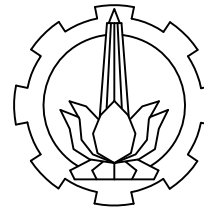
DENAH PELAT LANTAI 1-13

SKALA 1 : 300

1

STR

PELAT	DIMENSI
S1	745 x 700x 25 cm
S2	700 x 505 x 25 cm
S3	505 x 350 x 25 cm
S4	456 x 505 x 25 cm
S5	350 x 125 x 25 cm
S6	420 x 505 x 12 cm
S7	420 x 505 x 12 cm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI ATAP

SKALA

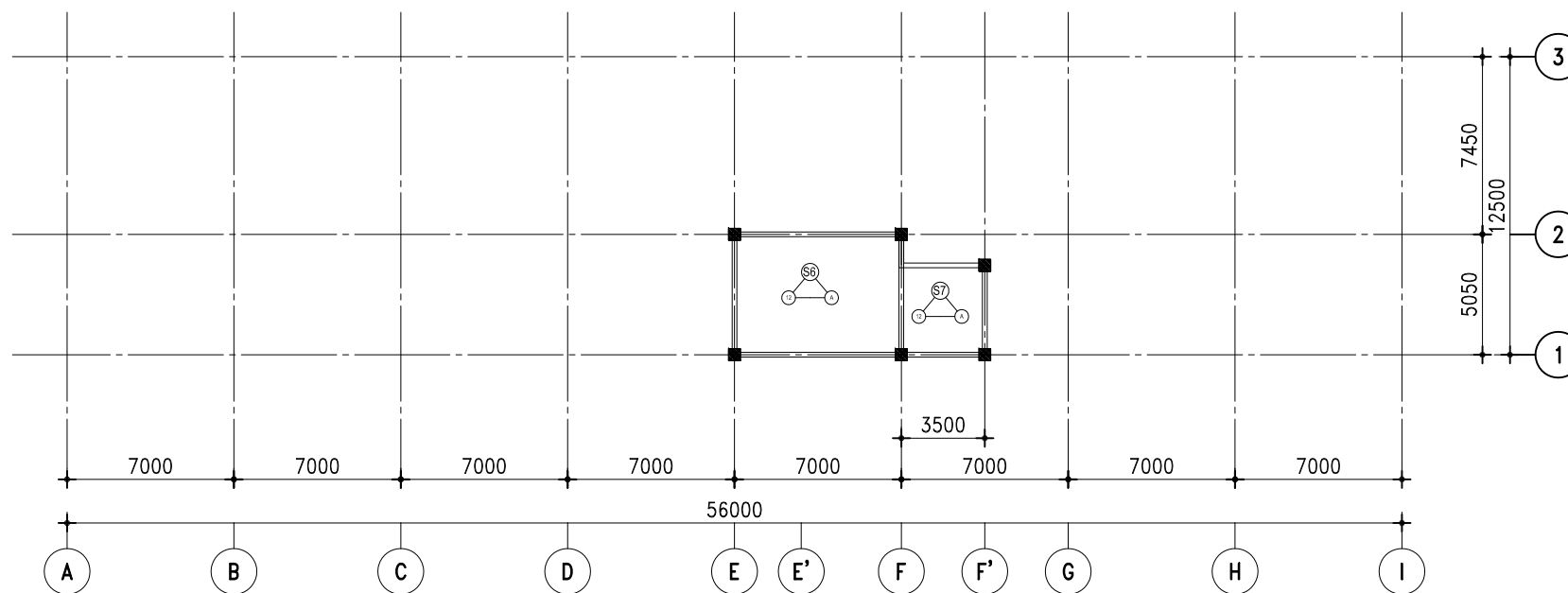
1 : 300

KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR

007



DENAH PELAT LANTAI ATAP

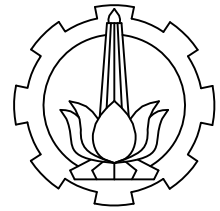
SKALA

1 : 300

1

STR

PELAT	DIMENSI
S6	420 x 505 x 12 cm
S7	420 x 505 x 12 cm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A

SKALA

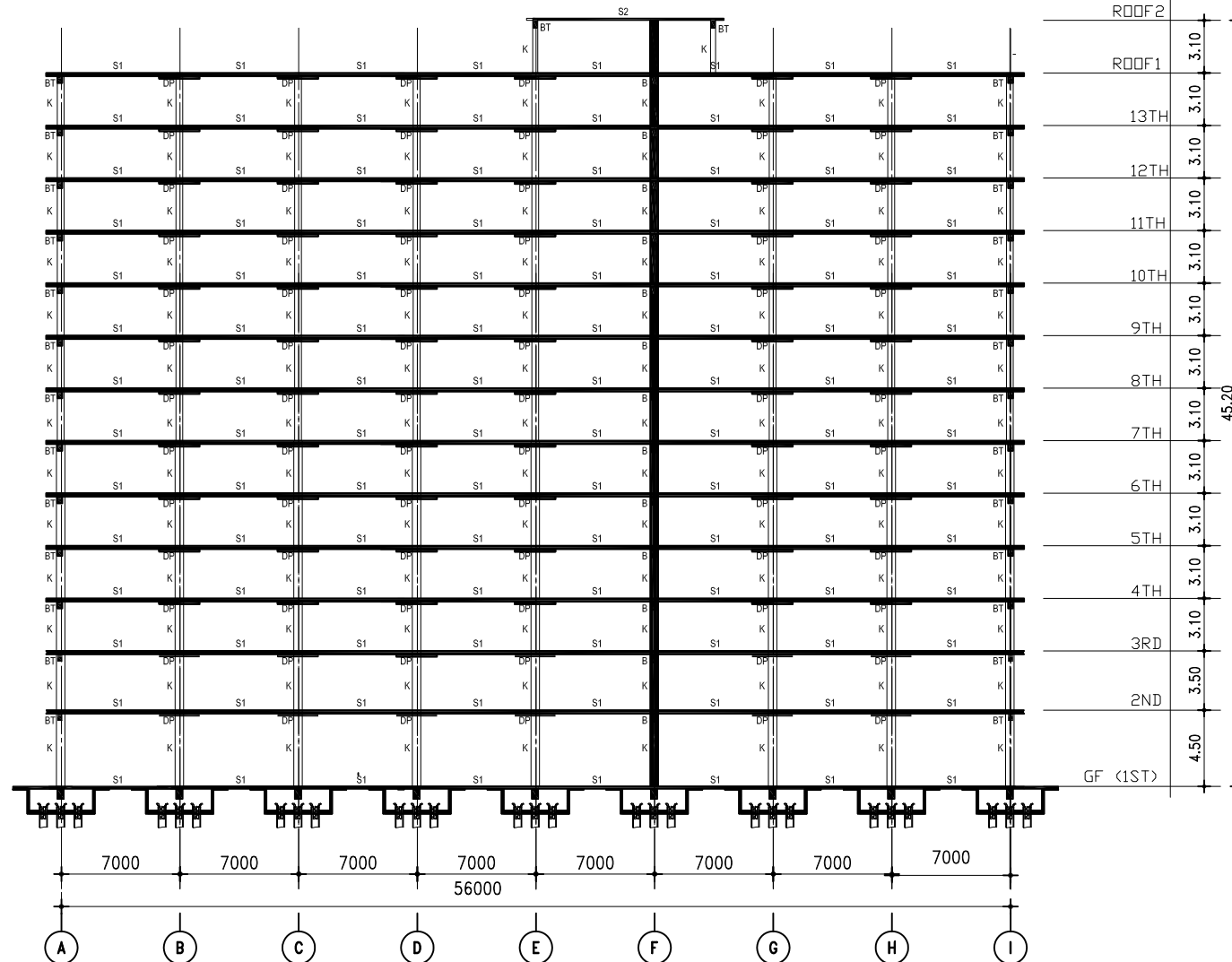
1 : 400

KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR

008



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 400



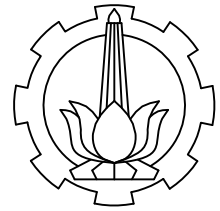
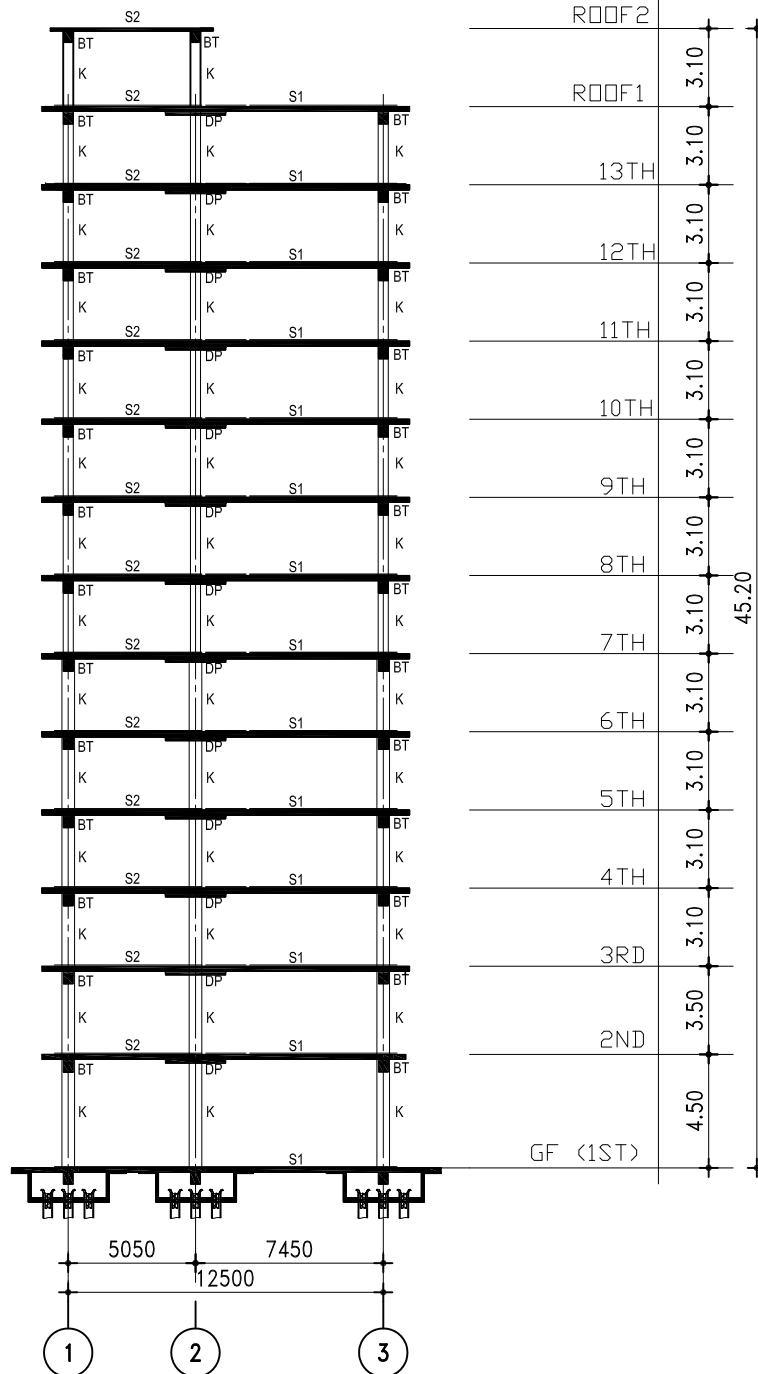
POTONGAN B-B

SKALA

1 : 300

2

STR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

4TH-8TH FLOOR
10TH-13TH FLOOR

SKALA

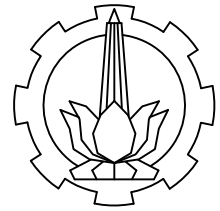
1 : 400

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

STR

009



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LINTAS JALUR TEKNIK
SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH STRUKTUR TANGGA
POTONGAN 1-1
DETAIL 1

SKALA

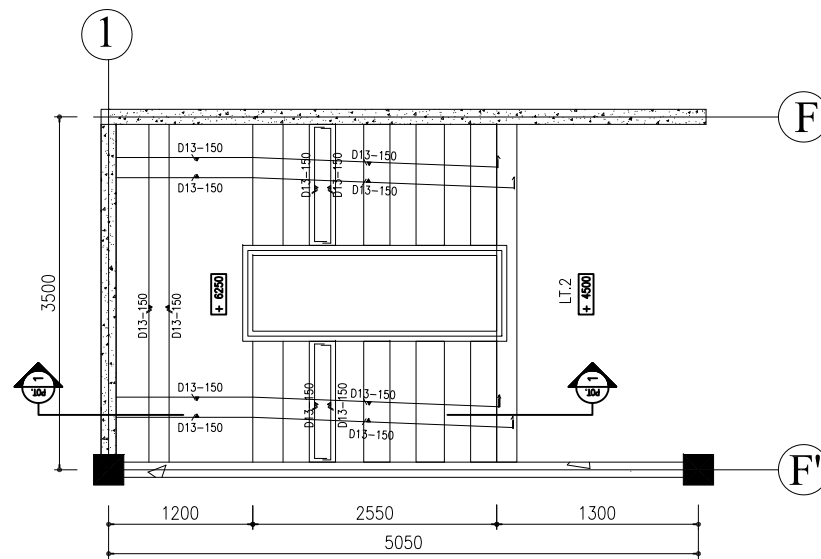
1 : 75

KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR

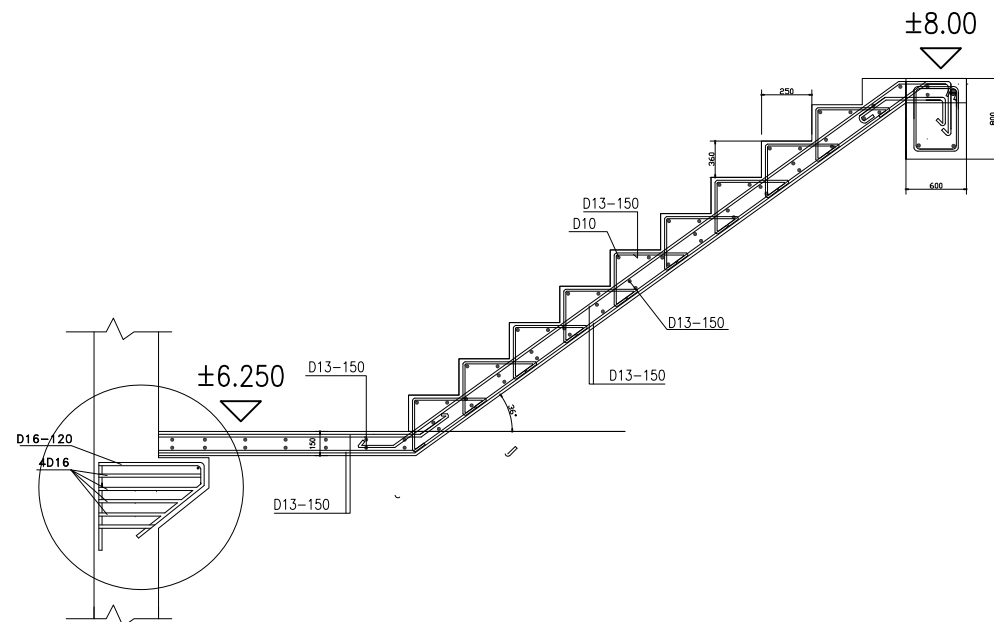
010



DENAH STRUKTUR TANGGA TIPE 2 LANTAI 2-3

SKALA 1 : 50

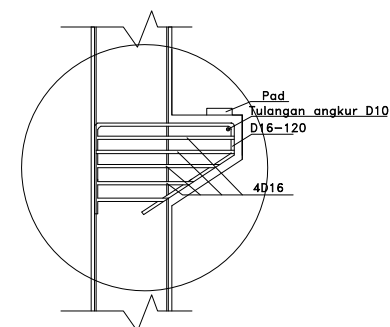
AR-1102



POTONGAN 1-1

SKALA 1 : 25

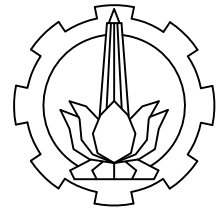
AR-1102



DETAIL 1

SKALA 1 : 25

AR-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK BP

SKALA

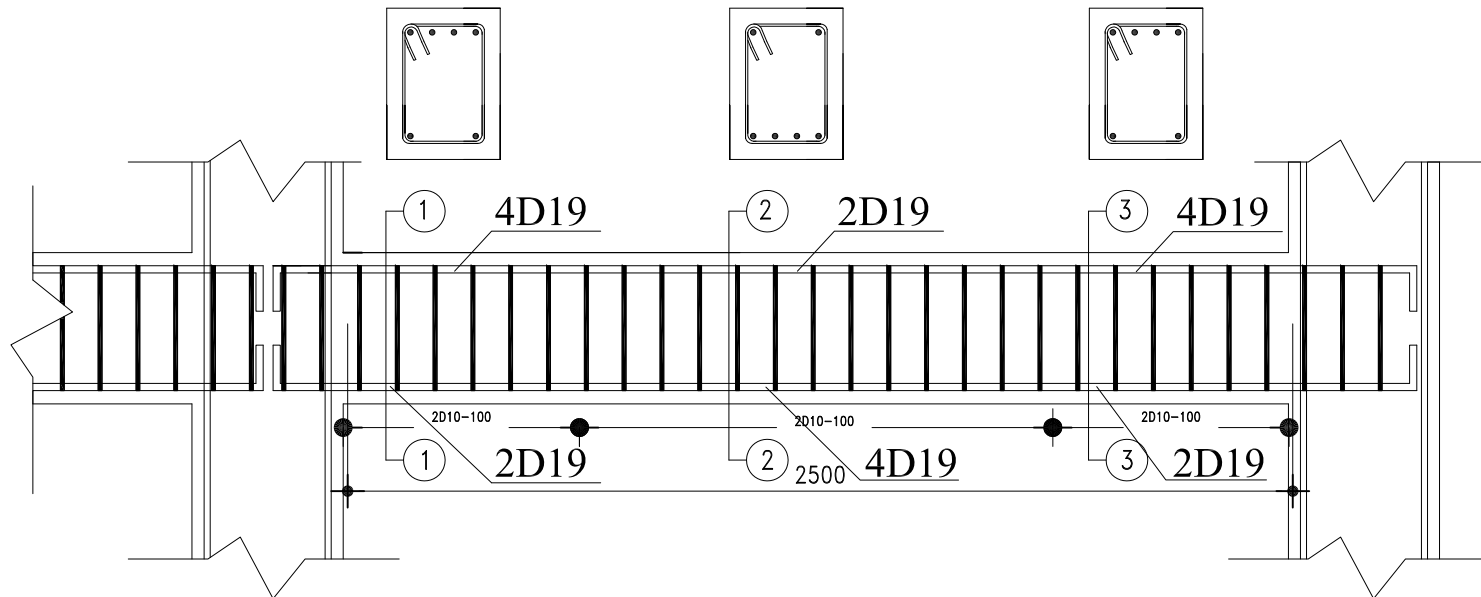
1 : 20

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

STR

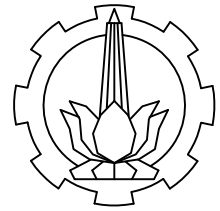
011



DETAIL PENULANGAN BALOK BP

SKALA 1 : 200

1
STR-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavoio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT

SKALA

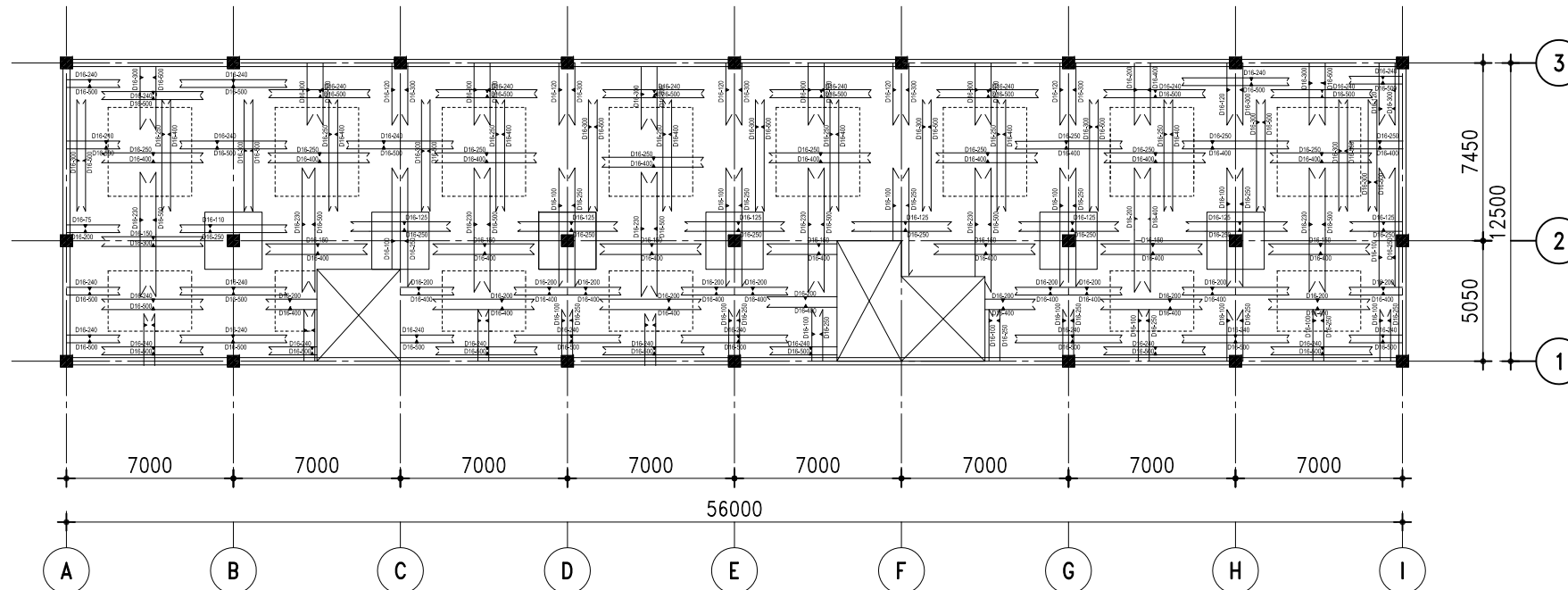
1 : 300

KODE GAMBAR

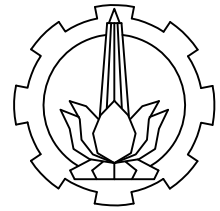
STR

NO LEMBAR

012







INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN 1-1

SKALA

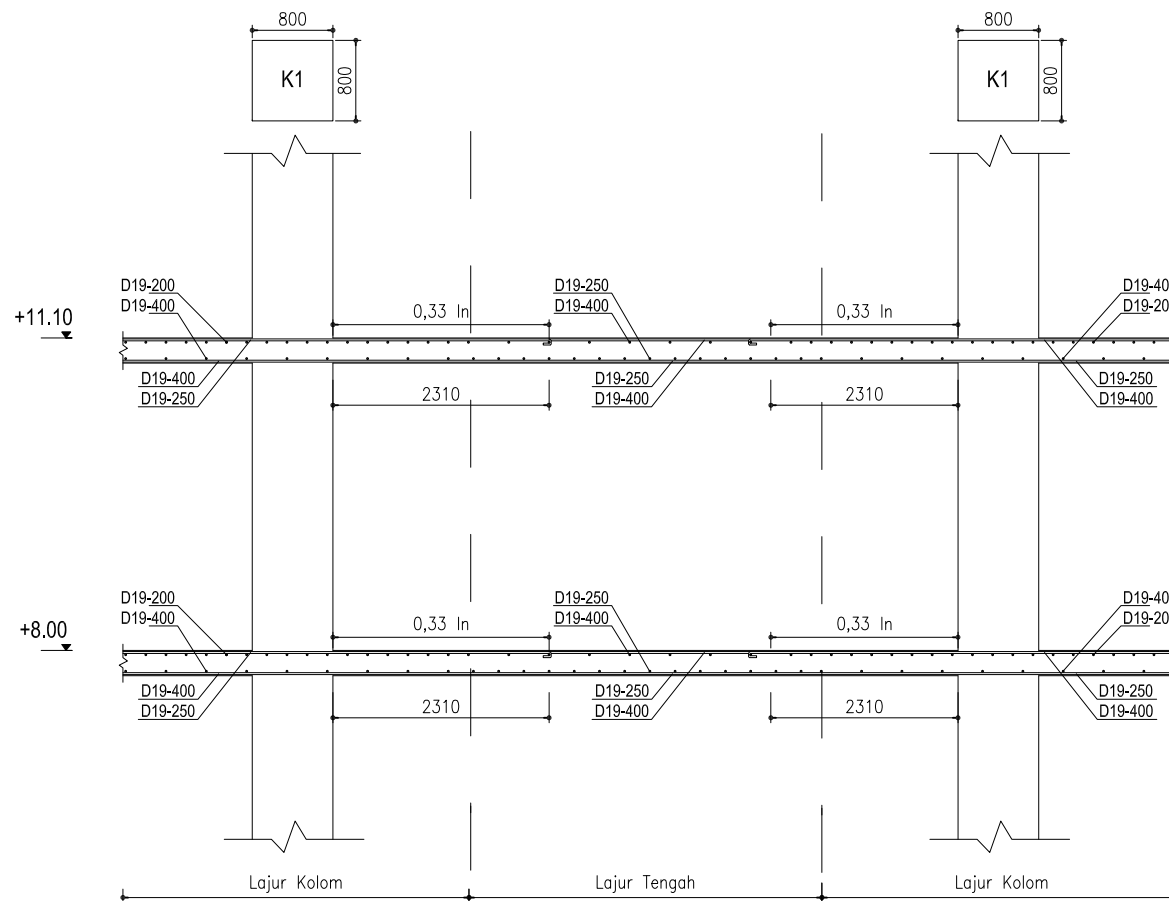
1 : 75

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

STR

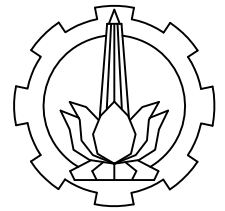
014



POTONGAN 1-1

SKALA 1 : 75

1
STR-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN 2-2

SKALA

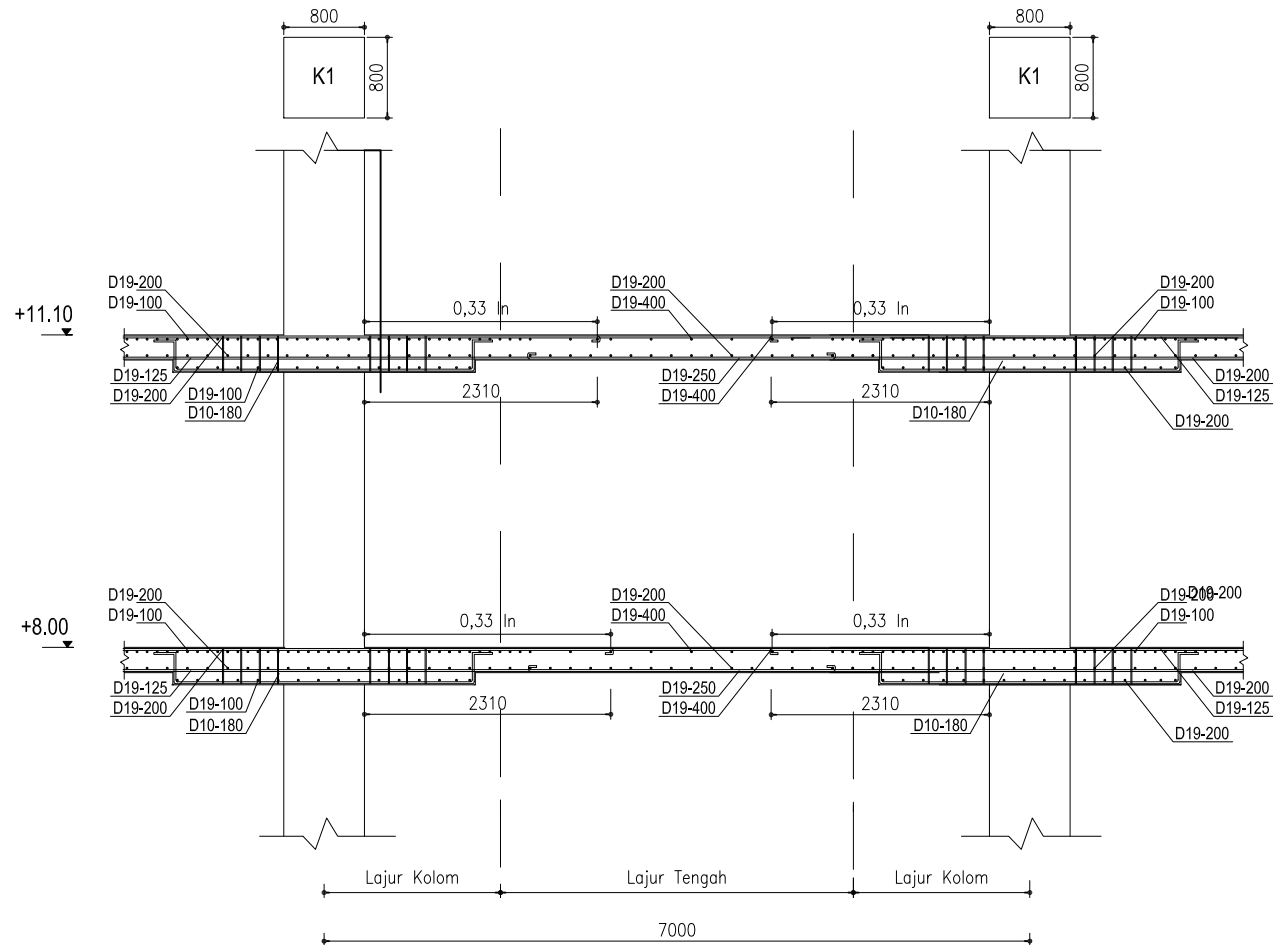
1 : 75

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

STR

015



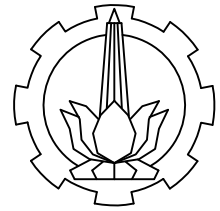
POTONGAN 2-2

1

SKALA

1 : 75

STR-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

Dosen Pembimbing

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN 3-3

SKALA

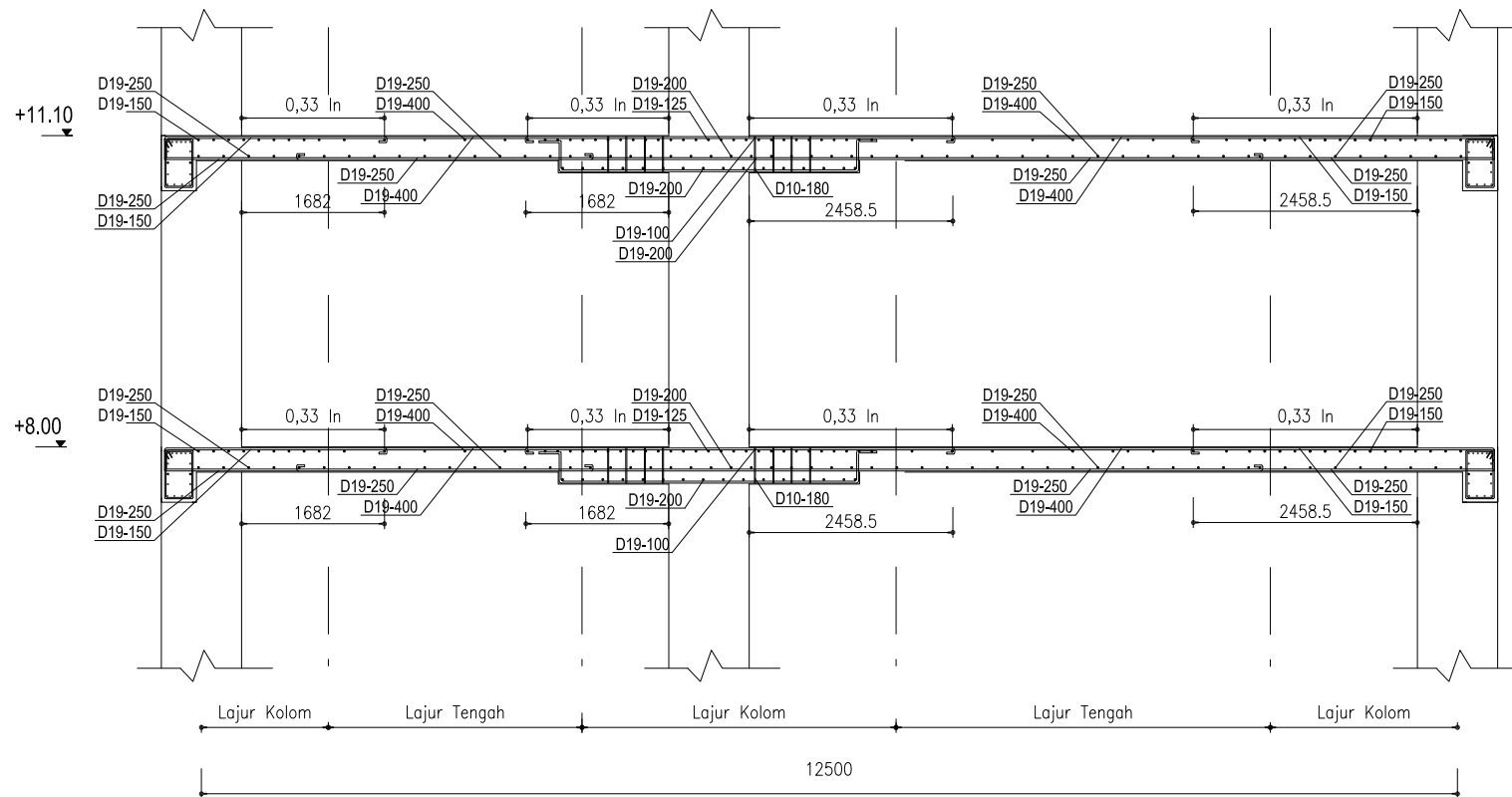
1 : 75

KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR

016



POTONGAN 3-3

SKALA 1 : 75

1
STR-1102

DETAIL PENULANGAN BALOK TEPI

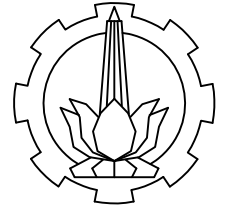
TIPE BALOK	BT1-1		BT1-2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
PANJANG	7000	7000	5050	5050
DIMENSI	350 x 550	350 x 550	350 x 550	350 x 550
TULANGAN ATAS	6 D22	3 D22	5 D22	2 D22
TULANGAN SAMPING	6 D22	6 D22	4 D19	4 D19
TULANGAN BAWAH	4 D22	4 D22	3 D22	3 D22
SENGKANG	2D13-125	2D13-125	2D13-150	2D13-150

DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF

TIPE BALOK	BS1	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
PANJANG	7000	7000
DIMENSI	450 x 750	450 x 750
TULANGAN ATAS	5 D22	5 D22
TULANGAN BAWAH	5 D22	5 D22
SENGKANG	2D10-300	2D10-300

DETAIL PENULANGAN BALOK PENGGANTUNG

TIPE BALOK	BP	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
PANJANG	2500	2500
DIMENSI	300 x 400	300 x 400
TULANGAN ATAS	4 D19	2 D19
TULANGAN BAWAH	2 D19	4 D19
SENGKANG	2D10-100	2D10-100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

Dosen PEMBIMBING

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

TABEL PENULANGAN BALOK

SKALA

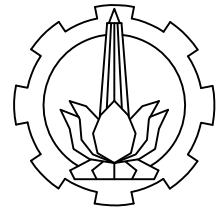
1 : 30

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

STR

017



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK TEPI BT1-1
35/50

SKALA

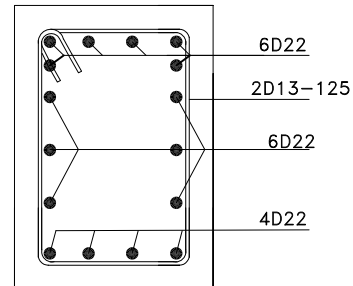
1 : 40

KODE GAMBAR

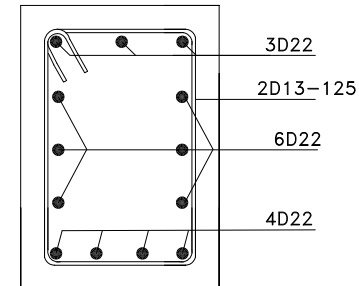
STR

NO LEMBAR

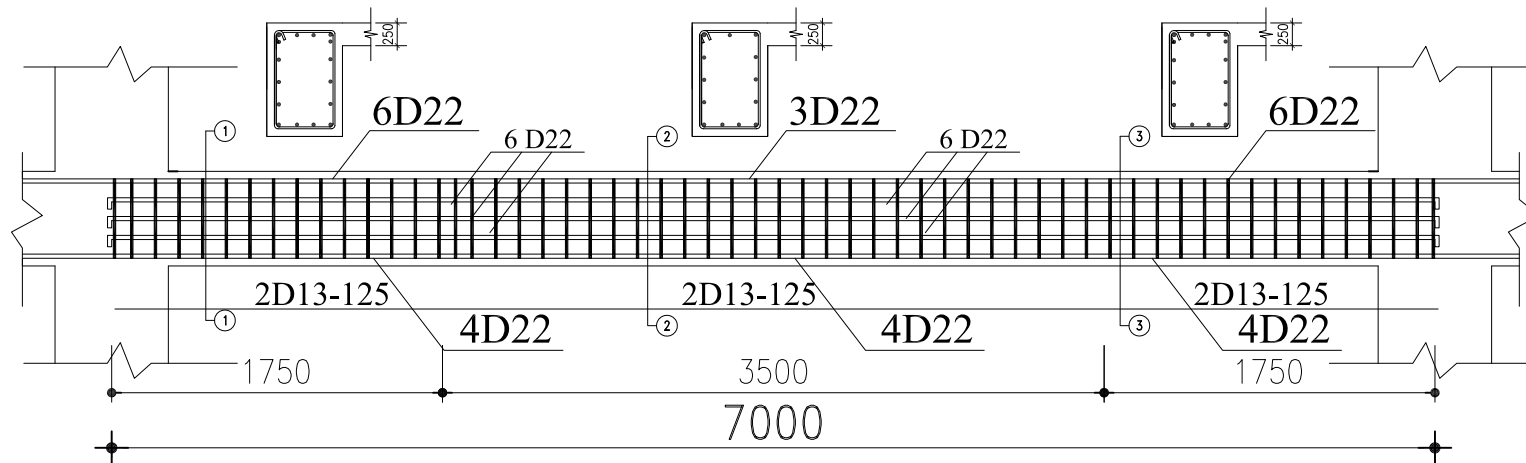
018



BT1 35/50
TUMPUAN



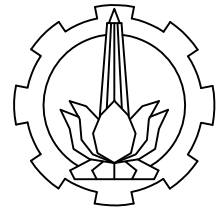
BT1 35/50
LAPANGAN



DETAIL PENULANGAN BALOK TEPI

1
STR-1102

SKALA 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

Dosen PEMBIMBING

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM

SKALA

1 : 30

KODE GAMBAR

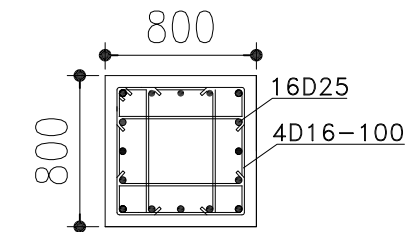
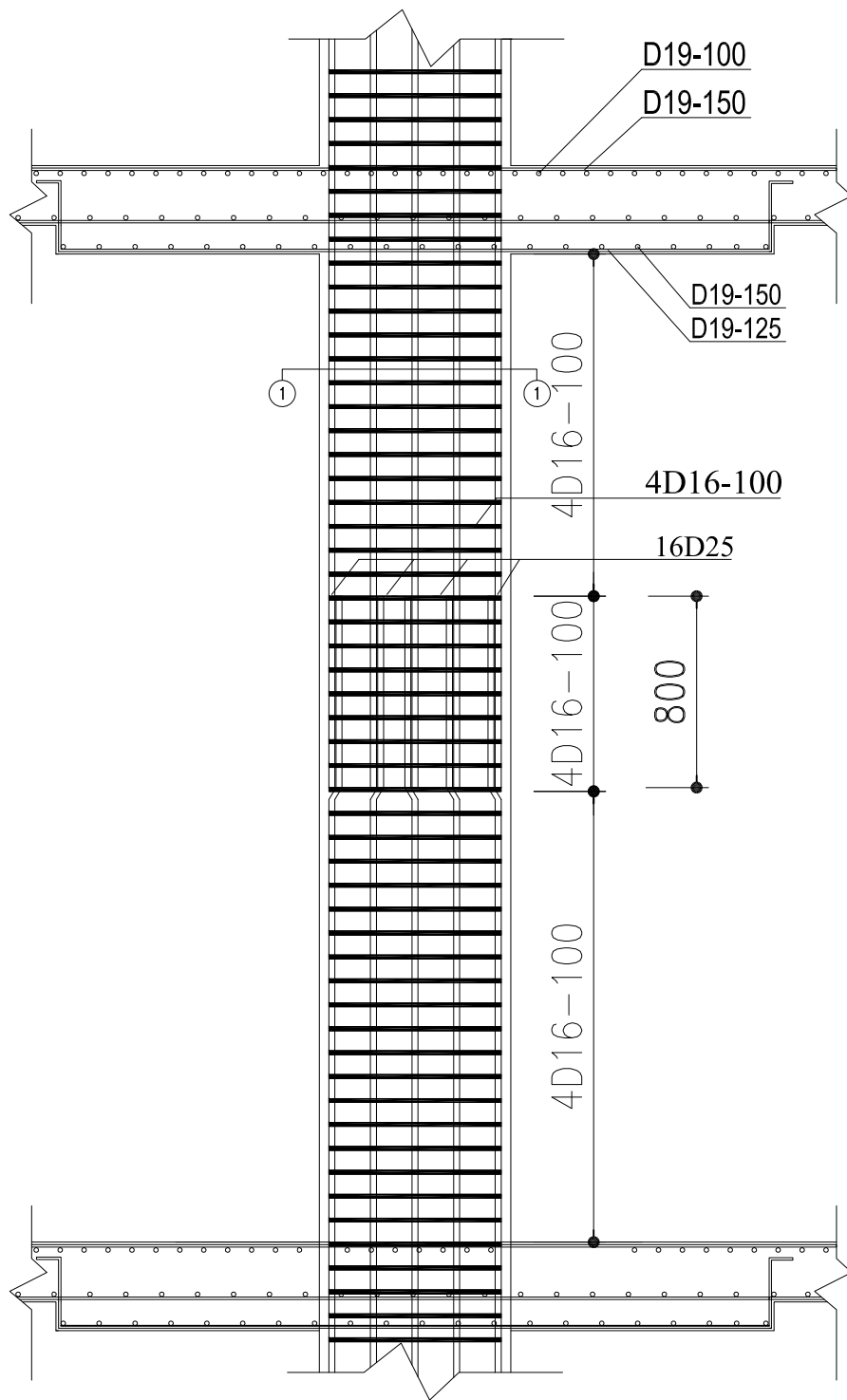
NO LEMBAR

STR

019

DETAIL PENULANGAN KOLOM

TIPE	K1-1	K1-2	K2-1	K2-2	K3-1	K3-2
LANTAI	Lantai 1-4	Lantai 1-4	Lantai 5-9	Lantai 5-9	Lantai 10-13	Lantai 10-13
POTONGAN						
DIMENSI	800 x 800	800 x 800	700 x 700	700 x 700	600 x 600	600 x 600
TULANGAN UTAMA	16 D25	16 D25	16 D25	16 D25	12D25	12 D25
SENGKANG	4D16 - 100	4D16 - 100	4D16 - 100	4D16 - 100	4D16 - 100	4D16 - 100
TINGGI KOLOM	4500 mm	4500 mm	4500 mm	4500 mm	4500 mm	4500 mm



POTONGAN 1-1

DETAIL PENULANGAN KOLOM K1-1
 SKALA 1 : 30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
 TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
 METODE FLAT SLAB

DISEN PEMBIMBING

Prof. Tavio , ST., MT., Ph.D
 Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
 NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM K1

SKALA

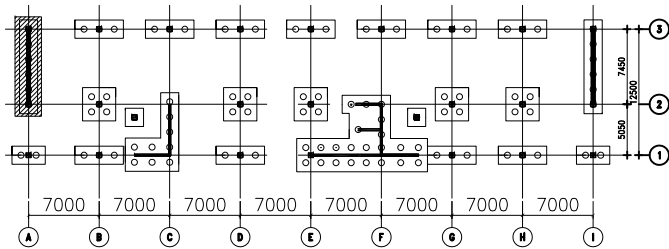
1 : 30

KODE GAMBAR

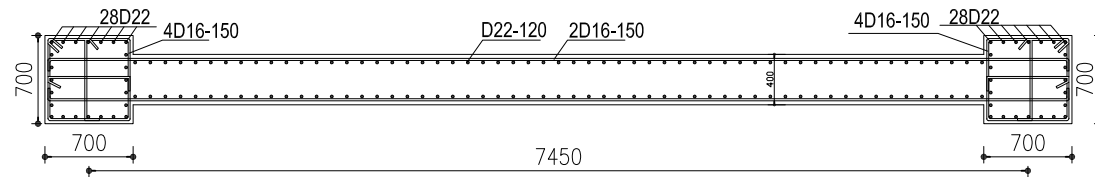
STR

NO LEMBAR

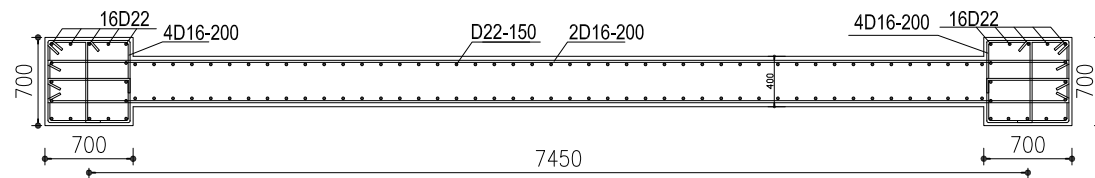
020



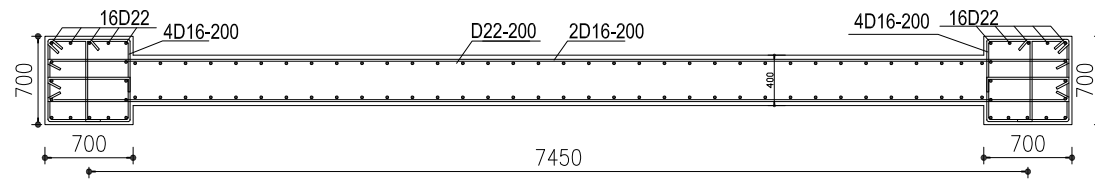
KEYPLAN



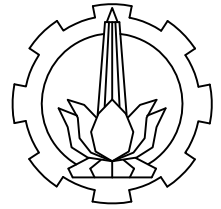
DETAIL SHEARWALL TIPE 1 LANTAI 1-4
SKALA 1 : 1



DETAIL SHEARWALL TIPE 1 LANTAI 5-9
SKALA 1 : 1



DETAIL SHEARWALL TIPE 1 LANTAI 10-13
SKALA 1 : 60



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL SHEARWALL TIPE 1

SKALA

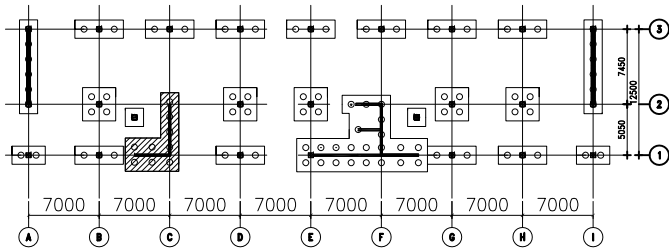
1 : 60

KODE GAMBAR

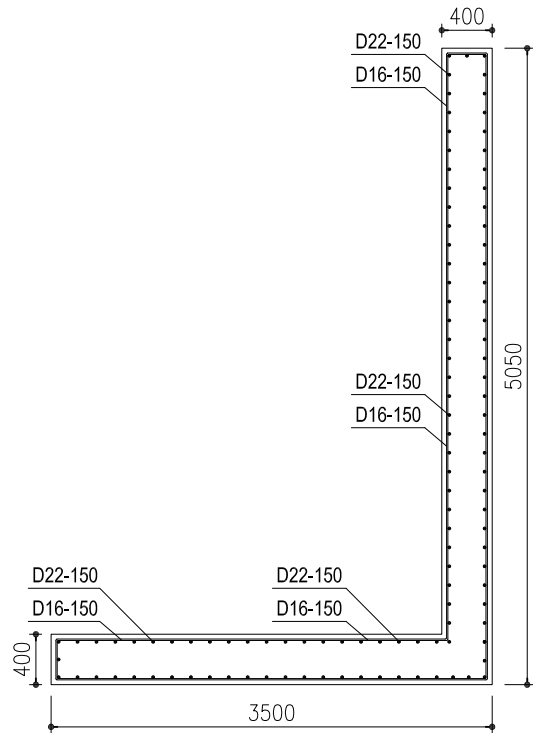
STR

NO LEMBAR

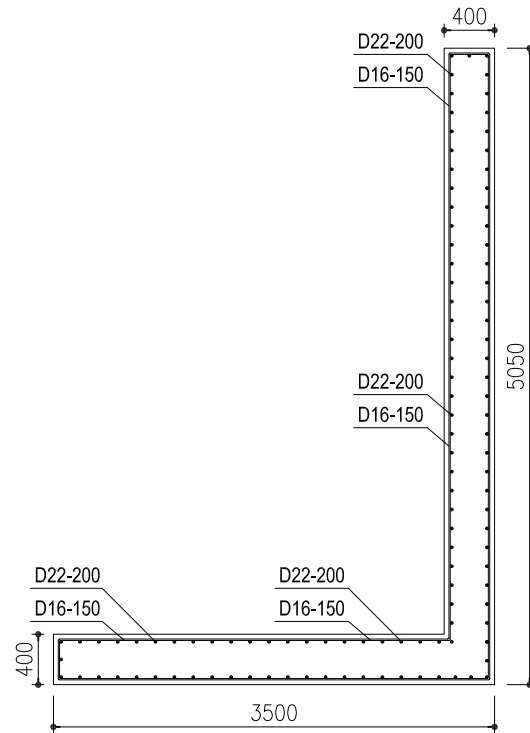
021



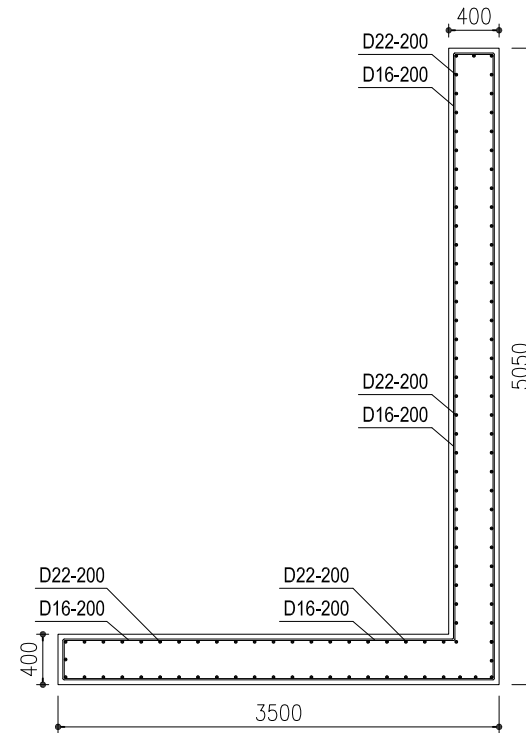
KEYPLAN



DETAIL SHEARWALL TIPE 2 LANTAI 1-4 1
SKALA 1 : 60



DETAIL SHEARWALL TIPE 2 LANTAI 5-9 1
SKALA 1 : 60



DETAIL SHEARWALL TIPE 2 LANTAI 10-13 1
SKALA 1 : 60



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Inr. Hidayat Soegihardjo M,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL SHEARWALL TIPE 2

SKALA

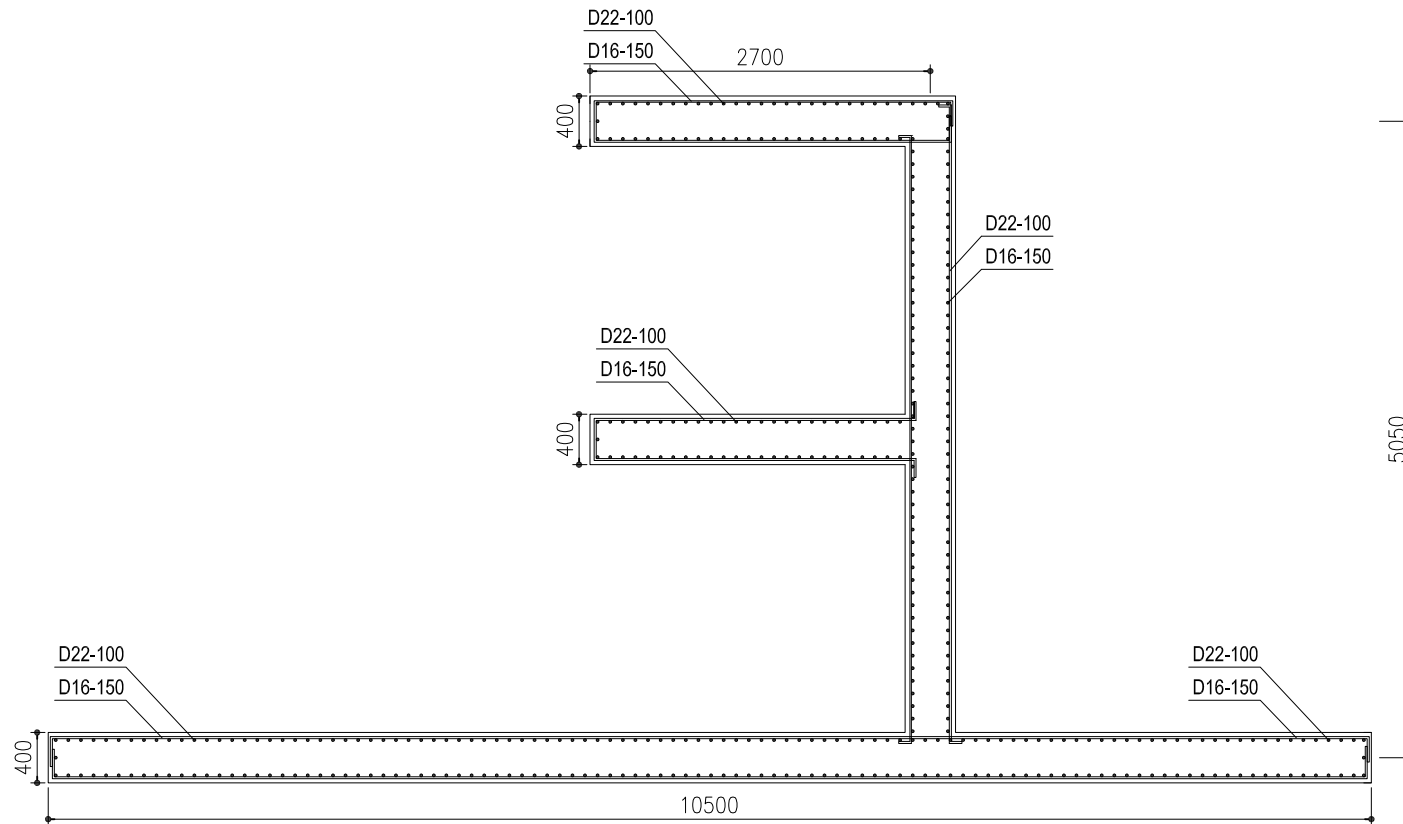
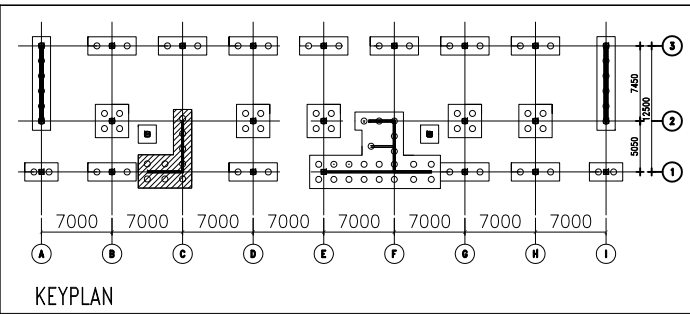
1 : 60

KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR

022



DETAIL SHEARWALL TIPE 3 LANTAI 1-4

SKALA 1 : 60

1
ST-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL SHEARWALL TIPE 3

SKALA

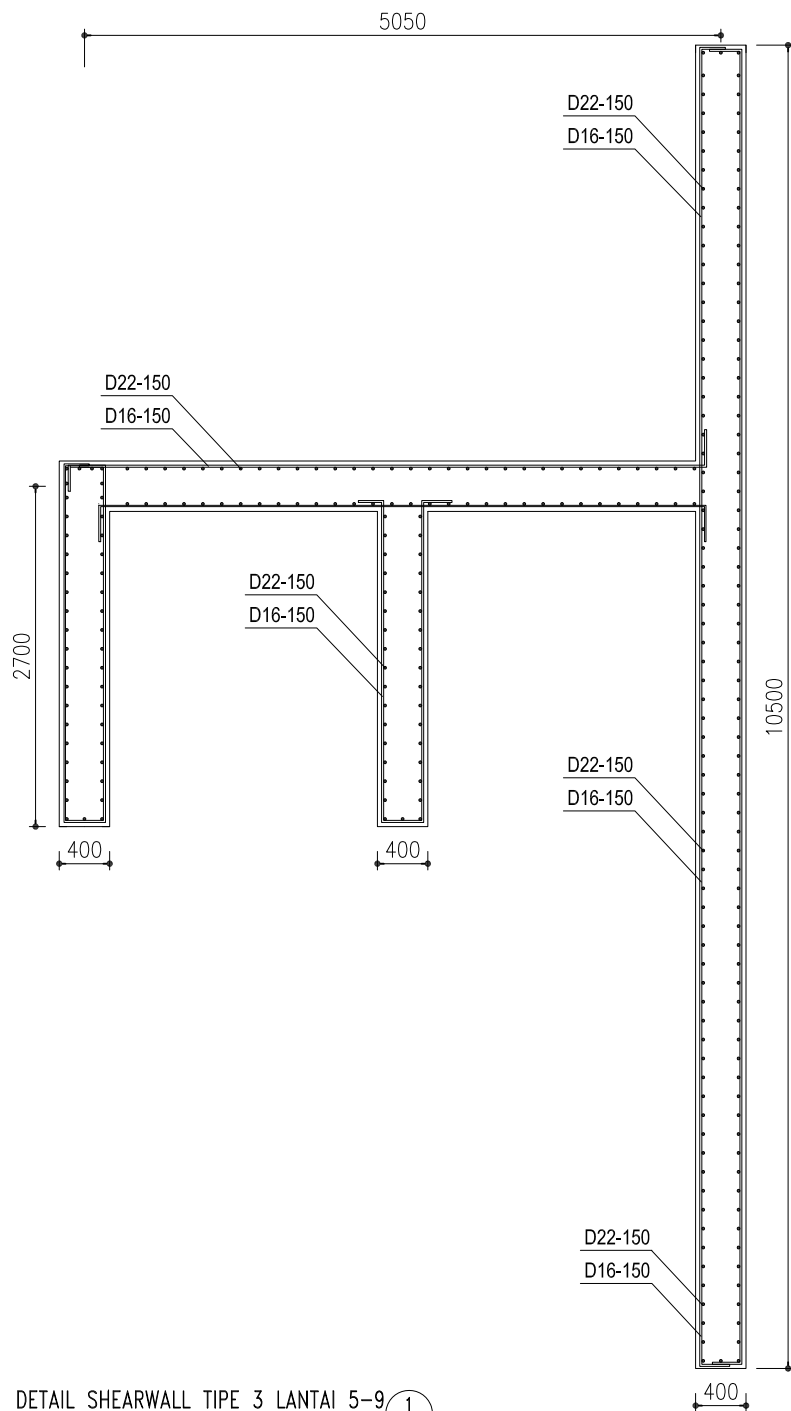
1 : 60

KODE GAMBAR

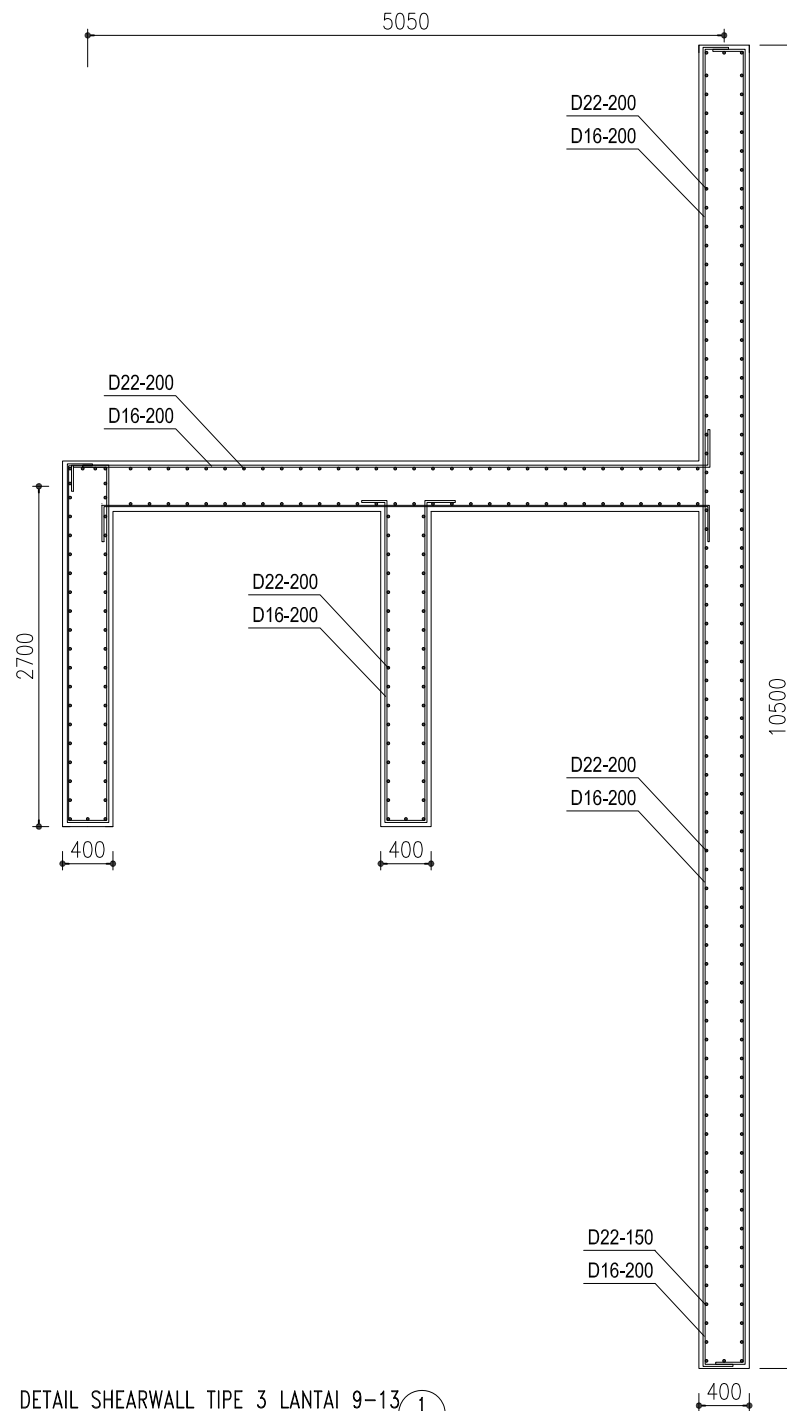
NO LEMBAR

STR

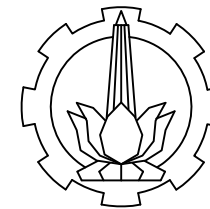
023



DETAIL SHEARWALL TIPE 3 LANTAI 5-9
SKALA 1 : 60



DETAIL SHEARWALL TIPE 3 LANTAI 9-13
SKALA 1 : 60



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo , ST., MT., Ph.D
Dr.Inr. Hidayat Soegihardjo M,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL SHEARWALL TIPE 3

SKALA

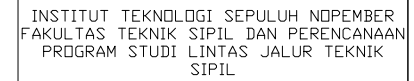
1 : 60

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

STR

024



DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

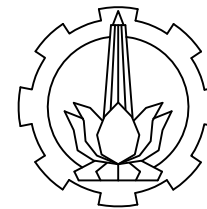
--	--

1 : 300

025



Pilecap	DIMENSI
PC1	330 x 330 x 80 cm
PC2	480 x180 x 60 cm
PC3	330 x180 x 60 cm
PC4	925x180x100 cm
PC5	180x180x60 cm
PC6	1230x780x120 cm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH PILECAP TIPE 1
POTONGAN 1-1
POTONGAN A-A

SKALA

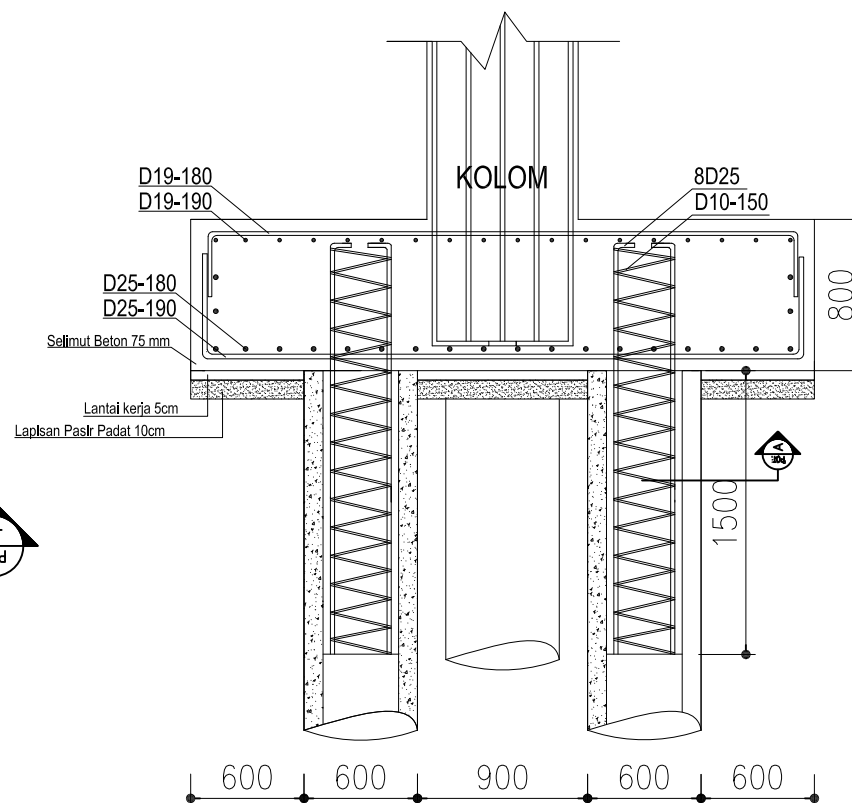
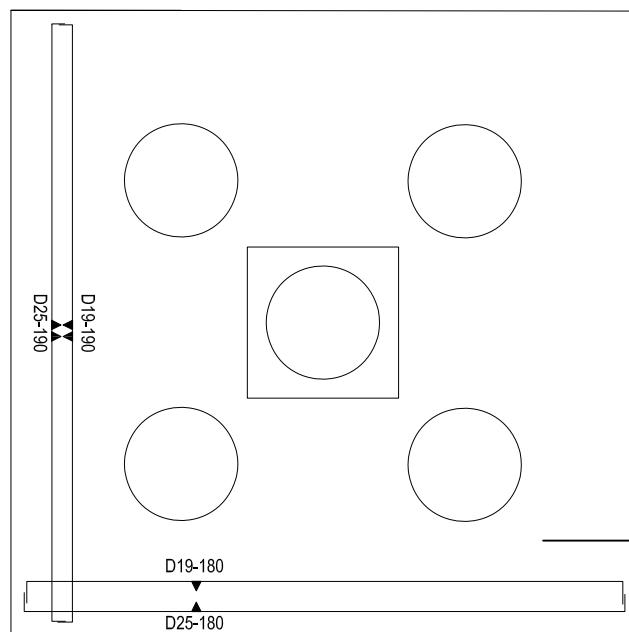
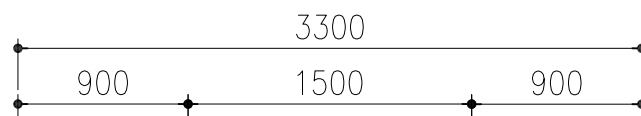
1 : 40
1 : 20

KODE GAMBAR

NO LEMBAR

STR

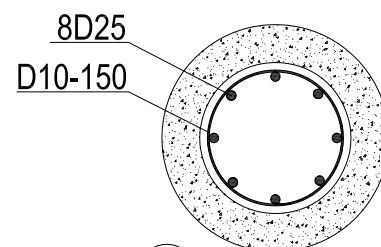
026



DETAIL PILECAP TIPE1

SKALA 1 : 40

1
ST-1102



POTONGAN A-A

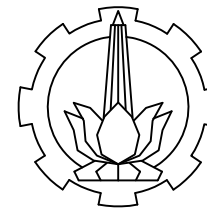
SKALA 1:20

1
ST-1102

POTONGAN 1-1

SKALA 1 : 40

1
ST-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH PILECAP TYPE 2
POTONGAN 1-1
POTONGAN A-A

SKALA

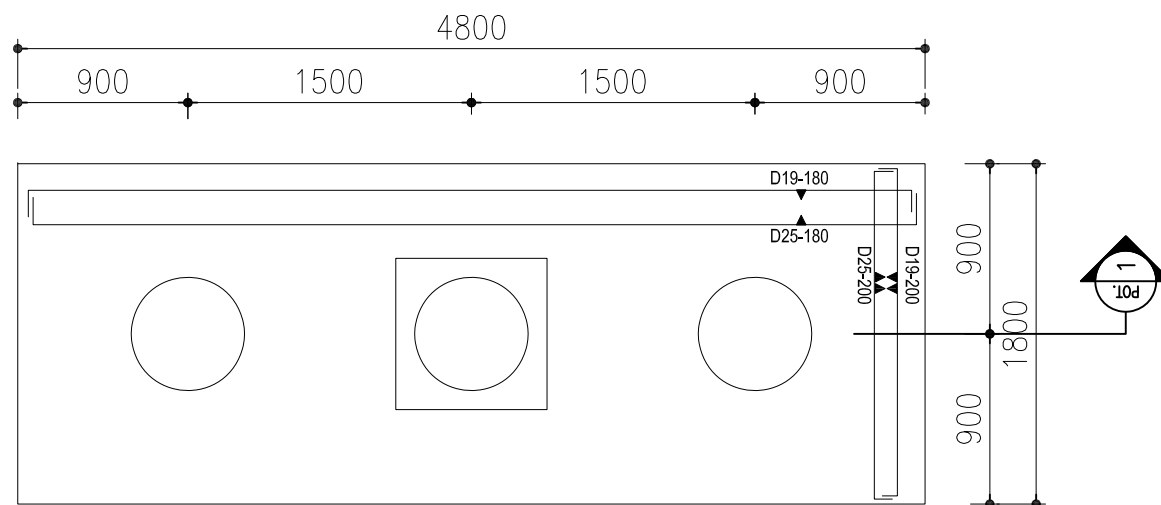
1 : 40
1 : 20

KODE GAMBAR

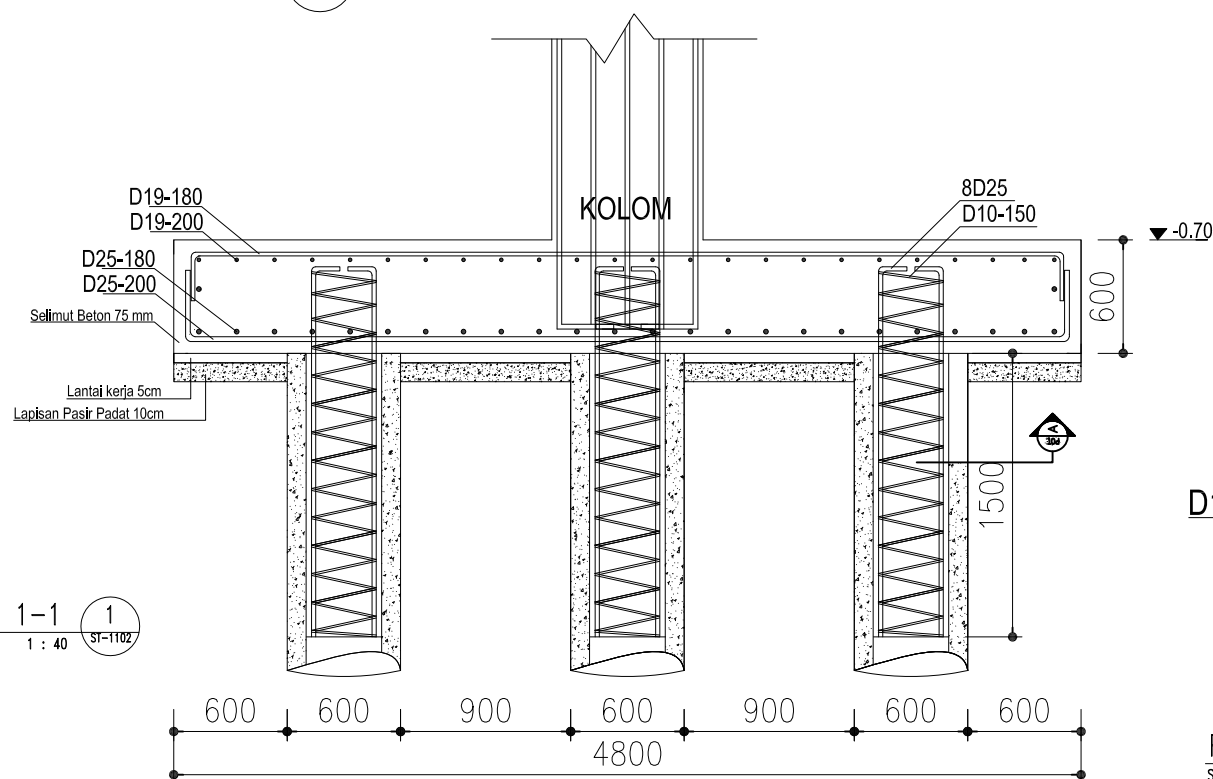
STR

NO LEMBAR

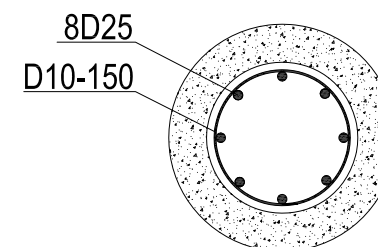
027



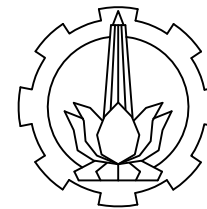
DETAIL PILECAP TYPE 2 1
SKALA 1 : 40 ST-1102



POTONGAN 1-1 1
SKALA 1 : 40 ST-1102



POTONGAN A-A 1
SKALA 1:20 ST-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH PILECAP TIPE 3
POTONGAN 1-1
POTONGAN A-A

SKALA

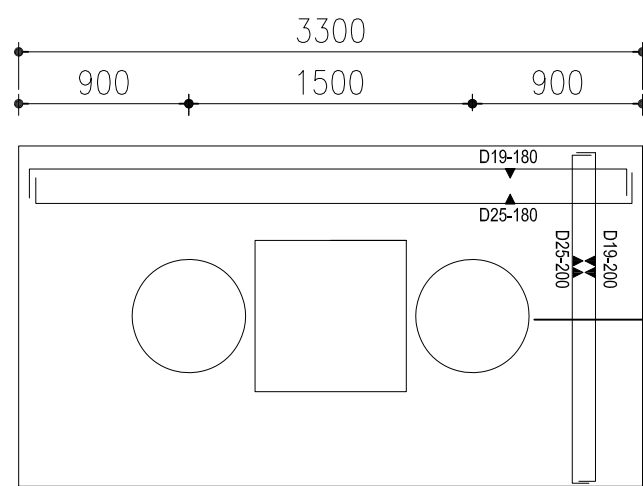
1 : 40
1 : 20

KODE GAMBAR

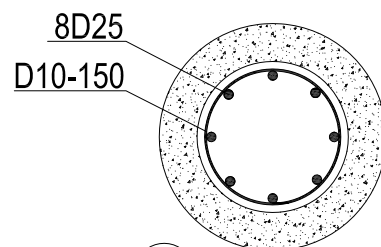
NO LEMBAR

STR

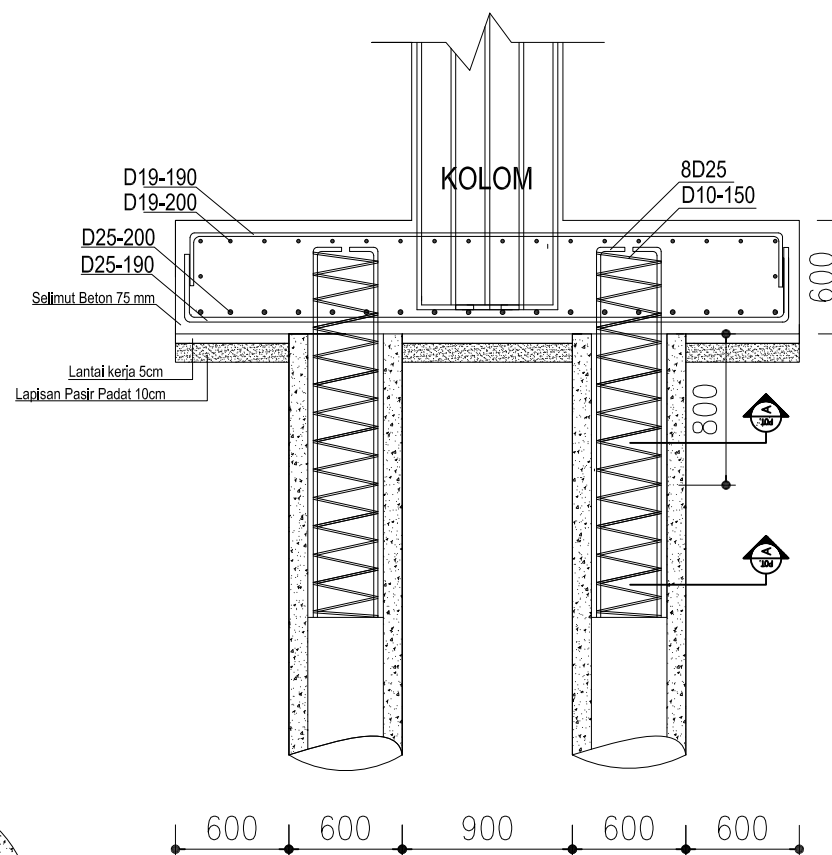
028



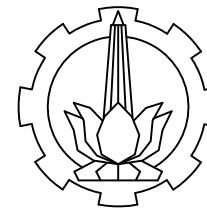
DETAIL PILECAP TIPE 3 1
SKALA 1 : 40 ST-1102



POTONGAN A-A 1
SKALA 1:20 ST-1102



POTONGAN 1-1 1
SKALA 1 : 40 ST-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH PILECAP TIPE 4
POTONGAN 1-1
POTONGAN A-A

SKALA

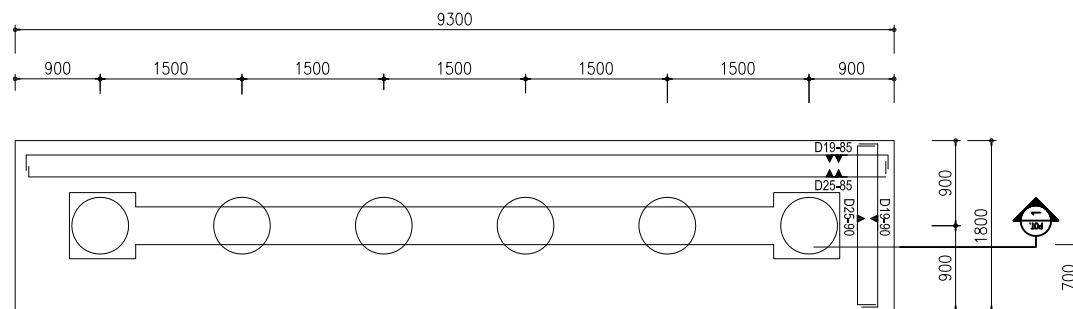
1 : 80
1 : 20

KODE GAMBAR

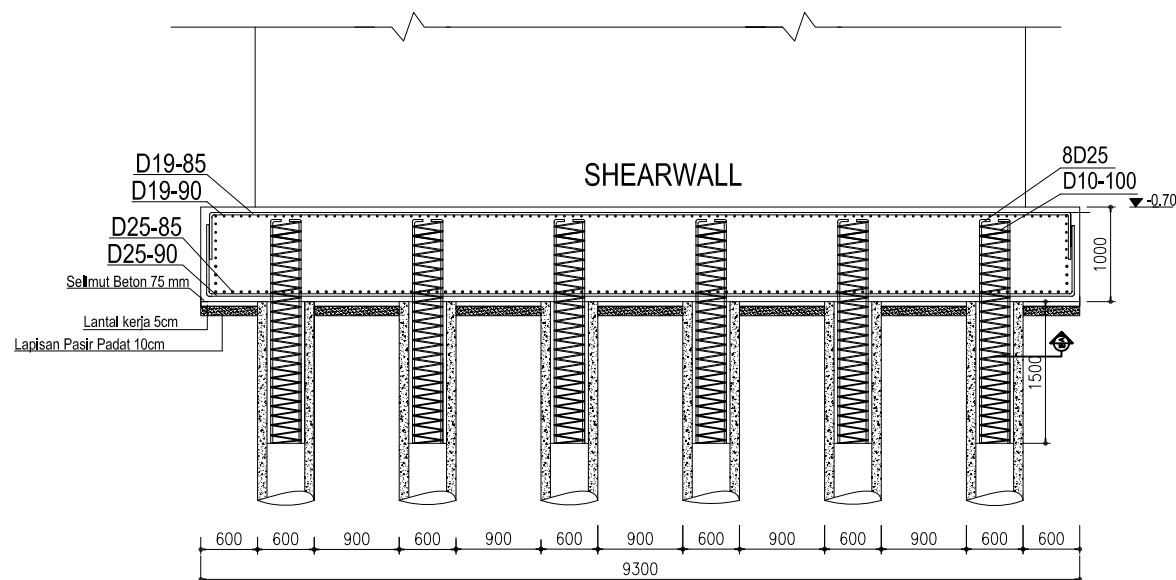
NO LEMBAR

STR

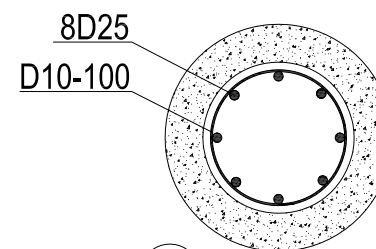
029



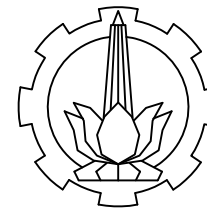
DETAIL PILECAP TIPE4 1
SKALA 1 : 80 ST-1102



POTONGAN 1-1 1
SKALA 1 : 80 ST-1102



POTONGAN A-A 1
SKALA 1:20 ST-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH PILECAP TIPE 5
POTONGAN 1-1
POTONGAN A-A

SKALA

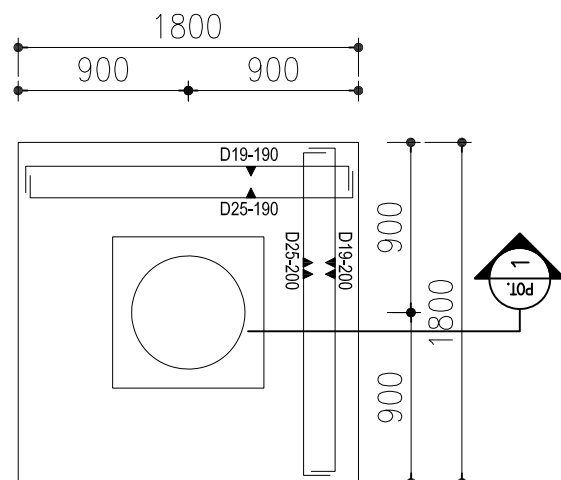
1 : 40
1 : 20

KODE GAMBAR

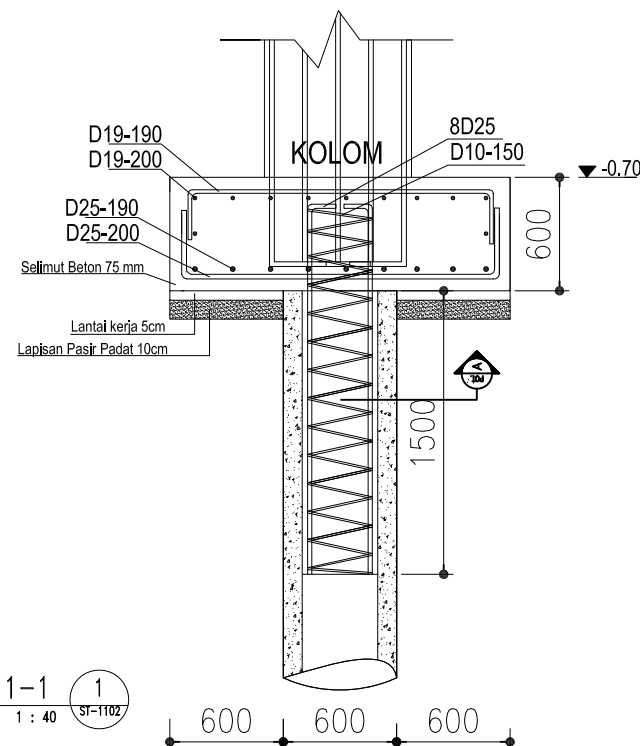
NO LEMBAR

STR

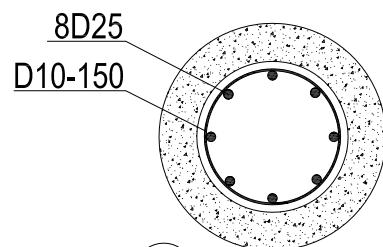
030



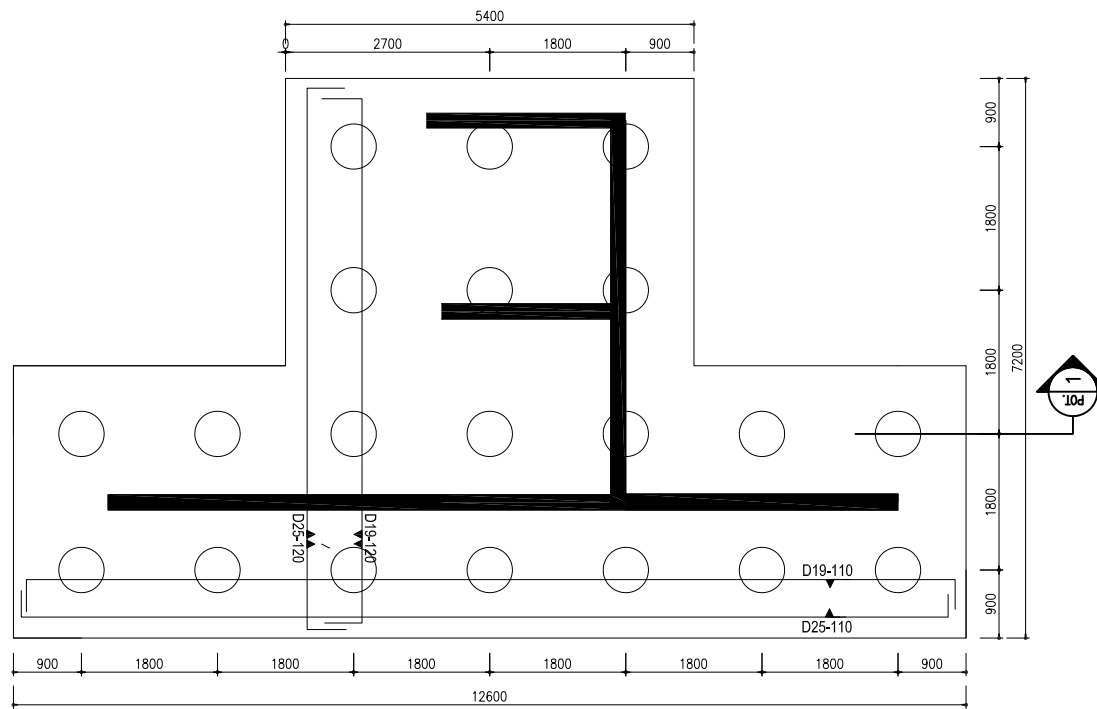
DETAIL PILECAP TIPE 5 1
SKALA 1 : 40 ST-1102



POTONGAN 1-1 1
SKALA 1 : 40 ST-1102



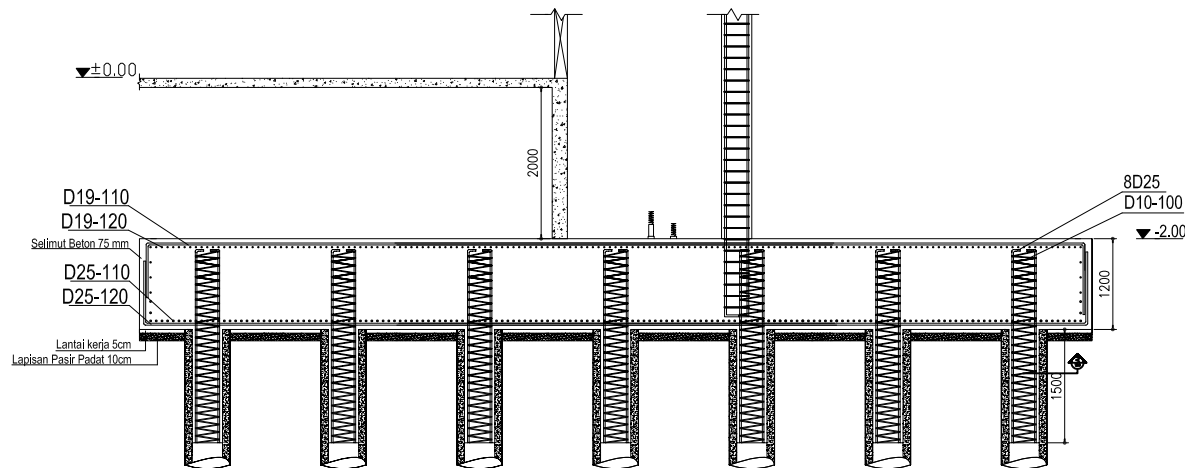
POTONGAN A-A 1
SKALA 1:20 ST-1102



DETAIL PILECAP TIPE 6

SKALA 1 : 100

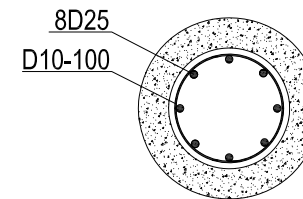
1
ST-1102



POTONGAN 1-1

SKALA 1 : 100

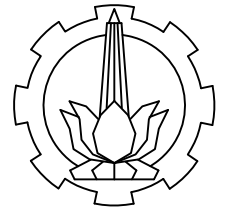
1
ST-1102



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 20

1
ST-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio , ST., MT., Ph.D
Dr.Inr. Hidayat Soegihardjo M.,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL PPILECAP TIPE 6
POTONGAN 1-1
DETAIL A

SKALA

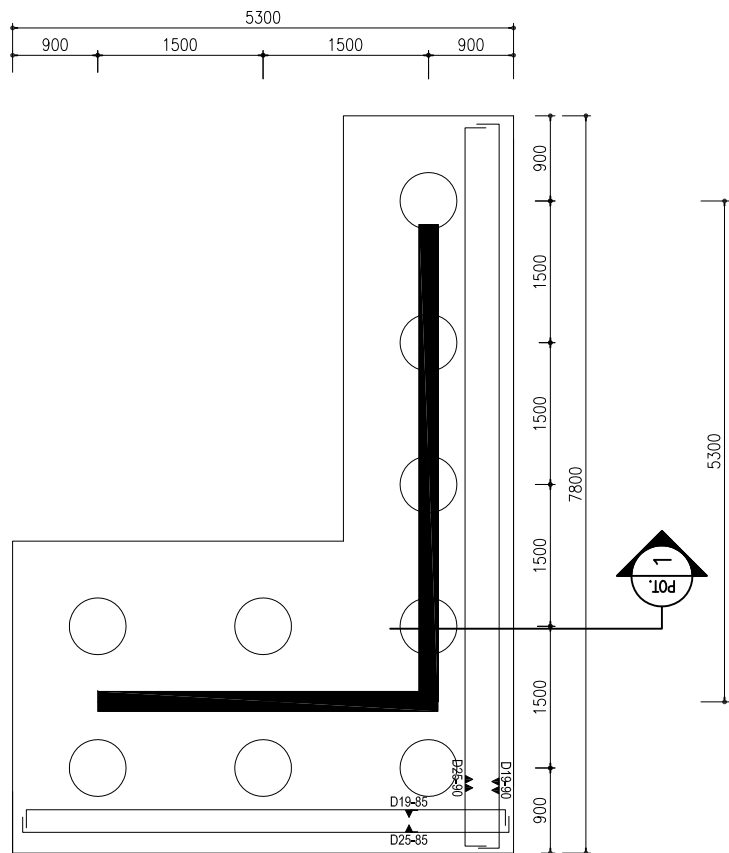
1 : 100
1 : 20

KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR

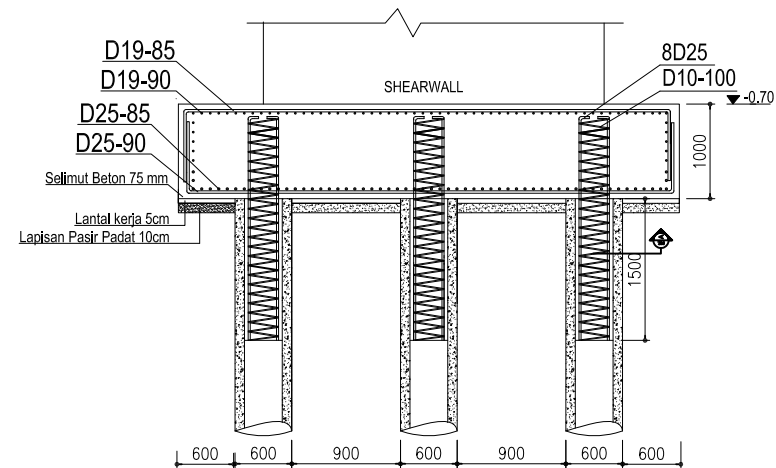
031



DETAIL PILECAP TIPE 7

SKALA 1 : 80

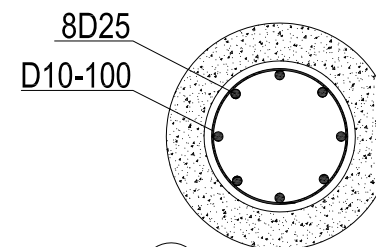
1
ST-1102



POTONGAN 1-1

SKALA 1 : 80

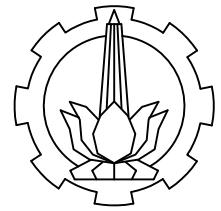
1
ST-1102



POTONGAN A-A

1:20

1
ST-1102



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI LJ TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GOLDEN
TULIP ESSENSIAL HOTEL MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tawio , ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M,Ms

NAMA MAHASISWA

Ririn Rosdiana Rachmawati
NRP : 3115105022

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH PILECAP TIPE 6
POTONGAN 1-1
POTONGAN A-A

SKALA

1 : 80
1 : 20

KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR

032